

29
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

Paginación Decimotercera

“COMPARACION DEL ANALISIS POR EL
METODO DE RIGIDECES Y EL ELEMENTO
FINITO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

CARLOS MACIAS ZACARIAS

ASESOR DE TESIS :
ING. GUSTAVO JIMENEZ VILLEGAS

MÉXICO 1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

263139



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION


CARLOS MACIAS ZACARIAS
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 23 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GUSTAVO JIMÉNEZ VILLEGAS pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE RIGIDEZES Y EL ELEMENTO FINITO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 25 de febrero de 1998
EL DIRECTOR


M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO


c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.


CCMC/AIR/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

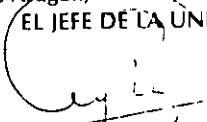
UNIDAD ACADÉMICA

Ing. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
Jefe del Área de Ingeniería Civil,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 7 de mayo del año en curso, por la que se comunica que el alumno CARLOS MACÍAS ZACARÍAS, de la carrera de INGENIERO CIVIL, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE RIGIDECES Y EL ELEMENTO FINITO", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, a 7 de mayo de 1998
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO BARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/MCA/vr

CONTENIDO

Dedicatoria	1
Antecedentes	2
Introducción	5
Capitulo I	
Análisis estructural	8
Capitulo II	
Análisis por rigideces	21
Corrida del análisis	25
Capitulo III	
Análisis por elemento finito	30
Método De Elemento finito	31
Archivo del SAP90	39
Archivo de resultados	41
Gráficas de la estructura	56
Capitulo IV	
Comparación de resultados	68
Conclusiones	77
Bibliografía	80

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO AL SER SUPREMO, A DOS PERSONAS Y UNA INSTITUCION:

A DIOS, A MI PADRE A MI MADRE Y A LA E.N.E.P. ARAGON DE LA U.N.A.M.

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

La elección de este tema de tesis me fue motivada por la inquietud de conocer cual es la variación en un análisis realizado antes de tener el apoyo de las computadoras y con el apoyo de ellas.

En décadas anteriores cuando la computadora no hacia su aparición en la ingeniería civil, los análisis estructurales, se realizaban con métodos muy laboriosos. Donde el ingeniero tenia que invertir una gran cantidad de su tiempo en la solución de un método que le diera como resultado los elementos necesarios para diseñar los miembros de una estructura.

Dentro de estos métodos existe la clasificación de *métodos aproximados* y *métodos exactos*, como es de pensarse los métodos aproximados nos ofrecen soluciones mas rápidas y mas sencillas de calcular, pero los resultados que nos dan no se pueden utilizar confiablemente para el diseño de las estructuras. Esto no quiere decir que estos métodos no tengan utilidad para el ingeniero son de gran utilidad, por que, nos sirven para hacer diseños preliminares y darnos una idea de los valores de los elementos mecánicos a los que se someterá la estructura. Unos ejemplos de estos métodos son: Método de Bowman, Método del Voladizo, Método del Portal, Método del Factor, entre otros. Los métodos exactos son con los que rigen un análisis, estos métodos son mas confiables para el ingeniero proporcionan valores mas cercanos a la realidad el inconveniente de estos métodos es que sus soluciones son de forma matricial y las matrices que suelen quedar son de gran magnitud y es donde se complica el análisis si no se cuenta con el apoyo de una computadora que sea capas de dar este tipo de soluciones. Lo métodos exactos mas representativos son: el Método de Rigideces y el Método de Flexibilidades.

Con el apoyo de un equipo de computo los análisis y diseños de las estructuras se facilitan en una gran medida, y las soluciones son inmensamente mas rápidas, en comparación de los métodos que se usaban antes de la aparición de la computadora.

En la actualidad existen programas muy avanzados donde la soluciones se dan en minutos y al ingeniero se le da una gran gama de posibilidades al obtener de dichos programas los elementos mecánicos en el punto que uno lo desee, diagramas de momentos, de cortantes, de torsión, la deformada de la estructura, los modos de vibrar de la estructura, etc.

Podemos decir que el ingeniero con el apoyo de esta herramienta las soluciones son mas rápidas y mas sencillas. Todo el problema se reduce en alimentar ala maquina con datos correctos y obtendremos un buen análisis, y para darle los datos correctos tenemos que tener los conocimientos de los métodos anteriores, porque estos fueron las bases para realizar los programas sofisticados que tenemos ahora.

Por muy completo que este un programa de computadora ahora y en el futuro nunca sustituirá el buen juicio de un ingeniero.

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El análisis es fundamental en la construcción de cualquier estructura, lo podemos definir como el estudio, que nos da los esfuerzos a los que se someterá la estructura durante su vida útil. Para posteriormente hacer un diseño adecuado para construir una estructura eficiente para lo que fue diseñada.

En este trabajo nos abocaremos a la comparación del análisis por el método considerado exacto (método de rigideces) y el método del elemento finito (programa de análisis SAP 90).

El problema que trataremos será un marco sometido a varias condiciones de carga y teniendo en una de sus crujías un muro de concreto, realizaremos el análisis por los dos métodos propuestos anteriormente determinando elementos mecánicos. Primeramente por rigideces. Este método es considerado de los exactos por ser un método matricial, el método consiste en plantear una solución particular y una solución complementaria. La solución particular depende de los momentos de empotramiento de la estructura y la solución complementaria depende de los grados de libertad de la estructura. Por el método del elemento finito debemos conocer el programa para generar el archivo de datos de la estructura, el programa cuenta con una serie de bloques que son útiles para proporcionarle al programa los datos necesarios para hacer el análisis, cada bloque será necesario de acuerdo a las necesidades del ingeniero.

Los resultados de los análisis serán comparados para visualizar la diferencia de los mismos, y dar conclusiones de los dos análisis desde mi punto de vista. Teniendo en cuenta que el método de rigideces se uso con una gran frecuencia en décadas anteriores y ahora los programas de computadora de elemento finito son mas comunes y teóricamente mas completos. Y mas rápidos de evaluar.

El muro del marco trabajara como muro de cortante por la razón que en el marco no tenemos ninguna fuerza lateral que deforme al muro de tal manera que este trabaje a flexión. Todas las cargas de la estructura son cargas en el sentido vertical. Y existe geometría de cargas y de la estructura por tal razón en este marco nunca tendré deformaciones en el sentido horizontal y el muro nunca trabajara a flexión.

El análisis de marco con el muro se resolverá con las hipótesis de la columna ancha en este método las deformaciones se pueden calcular muy bien con los procedimientos de resistencia de materiales. Se denomina columna ancha a un miembro así idealizado para distinguirlo de las columnas normales en que solo son importantes las deformaciones por flexión

ANALISIS ESTRUCTURAL

ANALISIS ESTRUCTURAL

El objetivo del análisis estructural consiste en calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura.

En el análisis estructural deben tomarse en cuenta las siguientes condiciones:

- 1.- Equilibrio entre fuerzas internas y externas en todos los elementos de la estructura.
- 2.- Compatibilidad de deformaciones de todos los elementos estructurales.
- 3.- Relación fuerza desplazamiento.

EQUILIBRIO ENTRE FUERZAS INTERNAS Y EXTERNAS

Una estructura sujeta a un sistema de acciones externas definido, estará en equilibrio si las reacciones de la misma cumplen las condiciones de equilibrio, que se expresan como:

En el espacio:

$$\begin{array}{ll} \sum F_x = 0 & \sum M_x = 0 \\ \sum F_y = 0 & \sum M_y = 0 \\ \sum F_z = 0 & \sum M_z = 0 \end{array}$$

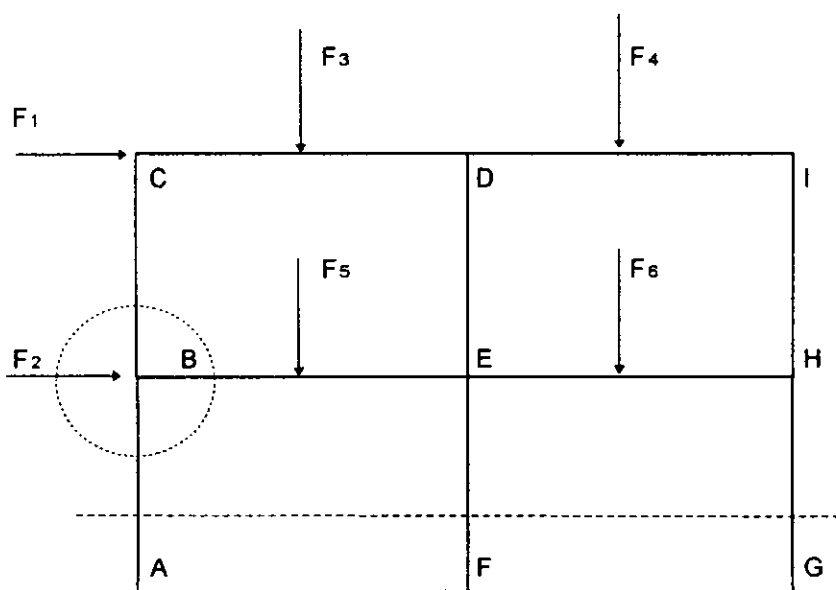
En el plano:

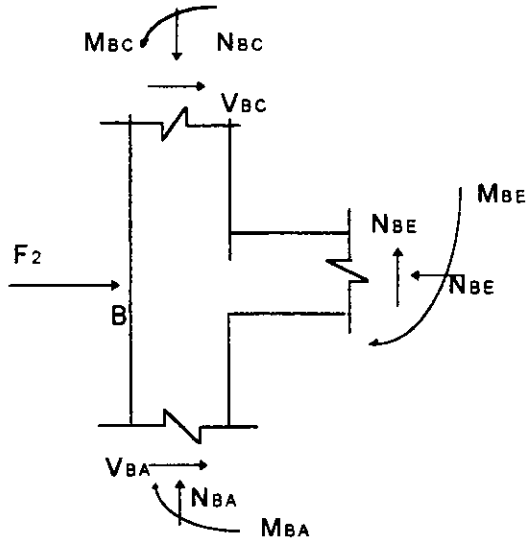
$$\begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M = 0 \end{array}$$

De esta forma si se cumplen las condiciones mencionadas, bajo las acciones del sistema de fuerzas externo y el sistema de reacciones, la estructura esta en equilibrio. Los elementos que forman la estructura estarán sujetos a fuerzas internas que se desarrollen en ellos, provocando por el sistema de fuerzas externo aplicado.

Si se hacen diagramas de cuerpo libre, al aislar una parte de la estructura haciendo uno o varios cortes, deben estar también en equilibrio.

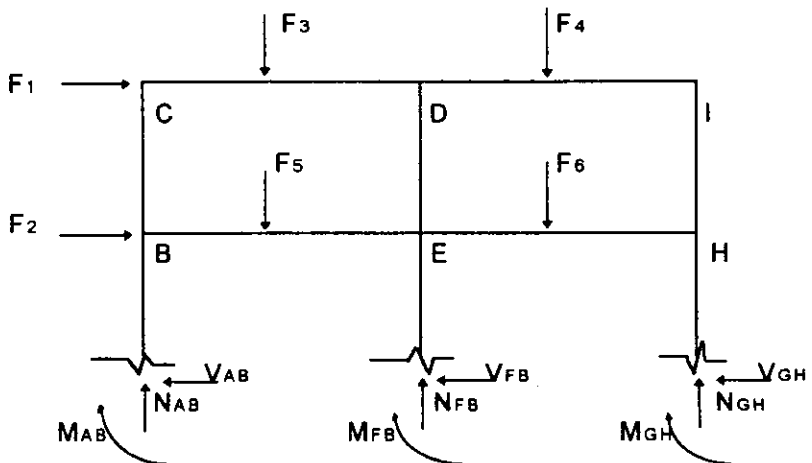
Si por ejemplo, en la estructura mostrada a continuación se aísla el nudo indicado, sobre el cual actúan las fuerzas externas F_2 así como las fuerzas internas desarrolladas en los planos de corte, este nudo deberá estar en equilibrio, porque forma parte de una estructura en equilibrio, y por lo tanto, podrán aplicarse las ecuaciones generales de equilibrio; a este sistema en equilibrio, se le llama equilibrio nodal.





Así mismo, al hacer un corte en un entrepiso, deberá estar en equilibrio la parte aislada por el corte, ya que pertenece a una estructura que esta en equilibrio.

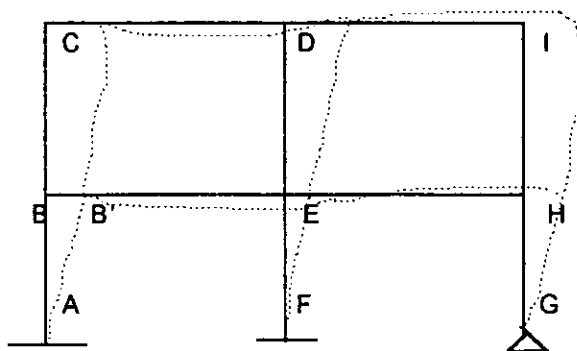
Así por ejemplo, si en la estructura anterior se corta en el plano indicado, la estructura aislada permanece en equilibrio; a este sistema se le llama equilibrio entre piso.



Por lo tanto, si una estructura esta en equilibrio, cualquier elemento que se aisle también lo estará, siendo necesario para que esto se cumpla, que los planos de corte se considere la o las acciones internas que la estructura ejerce sobre el elemento que se aisló.

COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES

Al aplicar un sistema de fuerzas a una estructura, esta se deforma, pero conserva las condiciones de continuidad iniciales. Así mismo, los desplazamientos finales en la estructura deberán ser compatibles con las condiciones de deformación de los diferentes tipos de apoyos.



En la estructura de la figura, el nudo B al pasar a la posición B' se desplaza y gira; si se trata de una estructura en el espacio, podrá tener tres componentes de desplazamiento lineal y tres giros. En el caso de un nudo en el plano, los desplazamientos serán: dos componentes de desplazamiento lineal y un giro.

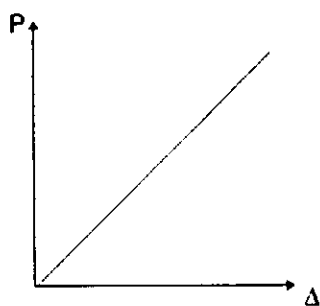
La condición de compatibilidad con las condiciones de apoyo, serían por ejemplo, en el caso de la figura, que los apoyos A y F por ser empotramientos, impiden toda la posibilidad de

desplazamiento lineal y de giro; en cambio para el apoyo G por ser un apoyo articulado, no permitirá desplazamientos lineales pero si el giro del mismo.

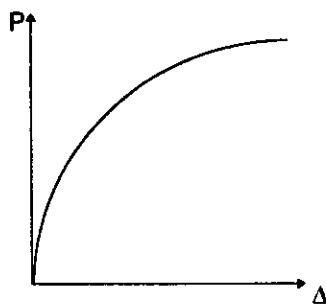
RELACIÓN FUERZA DESPLAZAMIENTO

De acuerdo con los objetivos mencionados del análisis estructura, es necesario conocer para una estructura de geometría definida la relación que existe entre las fuerzas y los desplazamientos.

Si se observa las siguientes gráficas, se deduce que la relación entre fuerzas y desplazamientos puede ser lineal o no serlo.



Relación lineal



Relación no lineal

En general, se supone la hipótesis de que la relación entre fuerzas y desplazamientos es lineal, por lo que se puede aplicar a la estructura el principio de superposición.

Dicho principio establece, que los efectos que produce un sistema de fuerzas aplicado a una estructura, son equivalentes

a la suma de los efectos producido por cada una de las fuerzas del sistema actuando independiente mente.

Las condiciones que debe cumplir una estructura para que se aplique el principio de superposición son:

- 1). Que exista proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones es decir, que se cumpla la ley de Hooke.
- 2). Que no haya interacción entre efectos debidos a fuerzas axiales y momentos flexionantes (efecto de esbeltez)
- 3). Que las deformaciones en la estructura sean relativamente pequeñas, evitando así que se afecten en forma importante el sistema de fuerzas internas y de reacciones.

“Si la estructura en estudio cumple con las 3 condiciones mencionadas, se trata de una estructura con comportamiento elástico y lineal.”

ALGUNOS ASPECTOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En la etapa del análisis estructural se realizan la determinación de la respuesta estructural, o sea de los efectos que las acciones del diseño producen en la estructura. Estos efectos se describen en términos de fuerzas internas, esfuerzos flechas y deformaciones. En el contexto de los métodos del diseño por estados limite, el análisis se refiere a la determinación de las fuerzas internas actuantes en las diferentes secciones de la estructura para su posterior comparación con las fuerzas internas resistentes a fin de verificar si se cuenta con la seguridad adecuada. Ocasionalmente se hace necesario obtener como producto del análisis las deformaciones verticales y horizontales de algunos elementos estructurales para su comparación con los valores que definen en estados limites de servicio.

El análisis constituye la etapa mas "científica" del proceso del diseño, aquella donde se emplean métodos de la mecánica estructural que implica el uso de herramientas matemáticas frecuentemente muy refinadas. El análisis estructural a tenido una evolución extraordinaria en las ultimas décadas con el desarrollo de los métodos numéricos que resuelven los problemas matemáticos mediante procedimientos interactivos con los que se puede llegar a niveles de precisión que se desee mediante la ejecución del numero necesario de ciclos de interacción. Con estos procedimientos se puede analizar prácticamente cualquier tipo de estructura, por mas compleja que esta sea, recurriendo al empleo de programas de computo, con los que puede realizarse en poco tiempo y a un costo razonable los millones de operaciones numéricas que una solución de este tipo implica.

No debe perderse de vista que lo que se esta manejando en esta etapa son modelos analíticos de la estructura. Como se ha dicho la etapa de análisis puede considerarse dividida en la

identificación de modelos analíticos que representa a la estructura y alas acciones que sobre esta ejercen, y en una segunda parte que consista en la solución del problema analítico así planteado. Por muy precisa que sea la solución analítica, sus resultados solo serán indicativos de las respuestas de la estructura real en la medida en que el modelo analizado represente fiel mente sus propiedades esenciales.

El conocimiento de las teorías del análisis estructural y de los métodos de análisis para las principales formas estructurales es básico e indispensable para el proyectista de estructuras; su tratamiento es tema de textos especializados y a ello se remite al lector para su estudio no suele encontrarse, sin embargo, en estos textos una evolución critica de la validez de la aplicación de dichos métodos a diferentes tipos de estructuras reales ni recomendaciones sobre como idealizar estas: o sea de como derivar de una construcción completa un esquema conceptual que sea representativo de su respuesta ante distintas acciones. Por estas razones se dedicara la primera parte de este capitulo a un examen critico de los problemas de modelación de la estructura.

Los textos de análisis limitan generalmente su ámbito a los métodos que proporcionan soluciones muy precisas para los modelos postulados y que implican una labor numérica considerable. Existen diversas situaciones en que el proyectista necesita tener una estimación expedita y razonablemente aproximada de la respuesta de la estructura. Por ejemplo:

a) Es el prediseño, cuando debe hacerse una determinación inicial burda de las dimensiones de los diferentes elementos estructurales, sea para comparar diferentes soluciones preliminares, sea como punto de partida para el análisis mas formal. Debe recordarse que es necesario conocer de desde las

primeras etapas del proceso de diseño las características esenciales de estructura. Se requieren las dimensiones de la estructura para calcular su peso propio y determinar las acciones debidas a cargas muertas. En estructuras hiperestáticas, como son la gran mayoría, es necesario conocer las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales para determinar la rigidez que intervienen en la definición del modelo analítico. Aun el ingeniero experimentado necesita con frecuencia recurrir a un análisis aproximado para proponer dimensiones preliminares que sea suficientemente cercanas a las que resultaran finalmente del proceso de diseño de manera que no se haga necesario realizar nuevamente todo el proceso con valores corregidos.

B) En la comprobación de los resultados de métodos refinados. La posibilidad de errores en estos métodos de análisis no es nada remota y su detección puede ser difícil. Cuando el análisis se hace mediante un programa de computo se requiere la preparación de una gran cantidad de datos de entrada relativos a las propiedades del modelo, y la interpretación de gran volumen de resultados. Se cometen errores frecuentes en ambas etapas y es muy conveniente contar con una solución paralela que aun si poco precisa permita poner en evidencia rápidamente discrepancias significativas. La misma situación se presenta cuando el análisis se realiza con métodos manuales que implican la manipulación de una gran cantidad de números y operaciones a lo largo de las cuales es fácil cometer errores especialmente de signo y de punto decimal el manejo de los métodos aproximados de análisis es particularmente útil para los supervisores y responsables de proyecto que en las grandes oficinas de diseño deben verificar los resultados de los análisis realizando generalmente por ingenieros menos experimentados.

El análisis para su estudio ofrece dos teorías " la teoría del análisis Plástico y la teoría elástica."

Teoría del análisis plástico:

La teoría plástica básica tiene que ver con distribución de esfuerzos en una estructura, después de que en ciertos puntos de esta se ha alcanzado el esfuerzo de fluencia. Según la teoría plástica, aquellas partes de una estructura que han alcanzado el esfuerzo de fluencia no puede resistir esfuerzos adicionales; mas bien esas partes fluirán la cantidad necesaria para permitir que la carga o esfuerzo adicionales sean transferidos a otras partes de la estructura donde los esfuerzos se encuentran por debajo de los esfuerzos de fluencia y son capaces de absorber esfuerzos adicionales. Se puede decir que la plasticidad sirve para igualar los esfuerzos en caso de sobre carga.

Todos los métodos de análisis plástico se basan en los tres teoremas que se enuncian a continuación.

Teorema del limite inferior:

"La carga correspondiente a un diagrama de momentos que satisfaga las condiciones de equilibrio, trazado dándoles valores arbitrarios a las incógnitas hiperestáticas, es menor que la de colapso de la estructura o a la suma, igual a ella, siempre que el momento flexionante no sea en ninguna sección mayor que el momento plástico resistente correspondiente".

En una estructura hiperestática cualquiera hay un número infinito de diagramas de momentos que satisfacen todas las condiciones de equilibrio estático con un conjunto especificado de fuerzas exteriores, ya que pueden inventarse los valores de las incógnitas hiperestáticas y deducir los de las cantidades desconocidas restantes en funciones de las cargas del sistema exterior, utilizando para ello las ecuaciones de equilibrio; si, además, se escogen las dimensiones de los miembros de las estructuras de manera que se satisfagan al mismo tiempo la

condición de plasticidad, se obtiene un diagrama de momentos que cumple dos de las condiciones necesarias para ser el de colapso pero que en general, no llena la tercera; por consiguiente

la estructura no se convierte en un mecanismo, lo que indica que su capacidad de carga funciones de las cargas del sistema exterior, utilizando para ello las ecuaciones de equilibrio; si, además, se escogen las dimensiones de los miembros de las estructuras de manera que se satisfagan al mismo tiempo la condición de plasticidad, se obtiene un diagrama de momentos que cumple dos de las condiciones necesarias para ser el de colapso pero que en general, no llena la tercera; por consiguiente la estructura no se convierte en un mecanismo, lo que indica que su capacidad de carga funciones de las cargas del sistema exterior, utilizando para ello las ecuaciones de equilibrio; si, además, se escogen las dimensiones de los miembros de las estructura "Correspondiente" a ese mecanismo. Se llega así a una solución que satisface las conducciones de equilibrio y de mecanismo, pero que, en general, viola la de plasticidad, de manera que la carga correspondiente es mayor que la real de colapso puesto que produce, en una o mas secciones, un momento mayor que el que realmente puede soportar la estructura.

Teorema de unicidad:

"Si para una estructura dada, sometida a un sistema de carga de características y magnitudes definidas, es posible encontrar cuando menos un diagrama de momentos que satisfaga simultáneamente las condiciones de equilibrio, mecanismo y plasticidad, las cargas consideradas son, necesariamente, las de colapso".

Una vez aceptados los teoremas de limite inferior y del superior el de unicidad es obvio, pues las cargas de un sistema que satisfaga simultáneamente las tres condiciones de equilibrio, mecanismo y plasticidad son de acuerdo con el teorema de limite superior, mayores o iguales que las de colapso y, al mismo tiempo según el de limite inferior, menores o iguales que ellas, y esas dos condiciones no pueden cumplirse al mismo tiempo mas que si son precisamente las de colapso.

El interés de este teorema proviene de que permite determinar si un mecanismo dado es o no el de colapso de una

estructura basta para ello con construir el diagrama de momentos correspondiente: si $M=M_p$ en todas las secciones el mecanismo considerado es, necesariamente, el de colapso. De manera análoga, si por cualquier procedimiento se ha encontrado un diagrama de momentos estáticamente admisible con un sistema de cargas dado, que satisfaga la condición de que $M=M_p$ en un número de secciones suficiente para que se forme un mecanismo de ruina total o parcial y en el que además $M < M_p$ en todas las secciones restantes, ese diagrama de momentos corresponde al mecanismo de colapso.

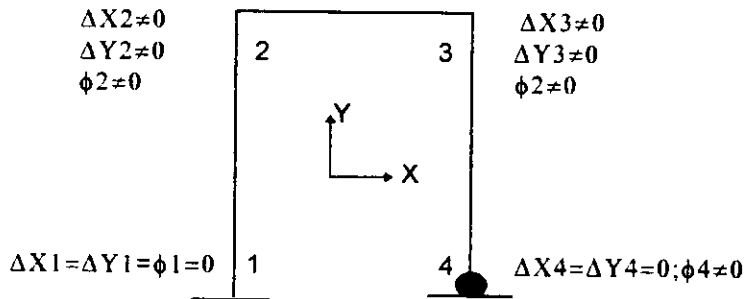
Los sentidos de los momentos en las rotulas plásticas deben coincidir con lo de los giros que se presentan en ellas durante un pequeño movimiento del mecanismo; de no ser así, aunque aparezca el momento M_p en un número de secciones suficientes para convertir la estructura en un mecanismo, esto no es posible.

ANALISIS POR RIGIDECES

MÉTODO DE LAS RIGIDECES

Las incógnitas en este método son los desplazamientos de los nudos (los nudos son los apoyos, extremos libres en voladizo o en puntos donde concurren dos o mas miembros).

Los desplazamientos de los nudos son el numero de grados de libertad o el grado de indeterminación cinemática de la estructura; como el que se muestra en la figura, tenemos un marco que tiene 7 grados de libertad si se consideran acortamientos o alargamiento de los miembros o solo 4 si no se consideran acortamientos o alargamiento.



Al no considerarse los acortamientos o alargamiento de los miembros.

$$\Delta X_2 = \Delta X_3 = \Delta, \phi_4 \neq 0, \phi_3 \neq 0, \phi_2 \neq 0, \Delta Y_2 = \Delta Y_3 = 0$$

El primer paso del método es restringir todos los desplazamientos de juntas desconocidos. Esto nos conduce a vigas doblemente empotradas por lo cual hay que conocer las reacciones en vigas doblemente empotradas.

En este método se utilizan acciones producidas por desplazamientos unitarios, estas son traslaciones o rotaciones unitarias, y las acciones serán fuerzas o momentos. Las acciones causadas por desplazamientos unitarios se conocen como "rigideces".

CALCULO DE LOS MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO

La supresión de los grados de libertad de la estructura nos lleva a la necesidad de estimar los momentos generados en vigas empotradas en ambos extremos, por el método de la viga conjugada.

Además, debido a que los nudos se fijan lineal y angularmente para después liberarlos, es conveniente conocer las acciones causadas para producir desplazamientos unitarios en dichas juntas, para giros se le conoce como rigidez angular y para traslaciones rigidez lineal.

Estructuras sin desplazamientos lineales:

Una estructura hiperestatica se considera sin desplazamiento lineal cuando existe simetría tanto en su geometría como en el sistema de cargas aplicado exteriormente, o bien, cuando los apoyos serán colocados de tal manera que se restrinja la posibilidad de que se produzca dicha traslación.

para la aplicación del método a este tipo de estructuras solo es necesario fijar angularmente los nudos y después someterlos a rotaciones unitarias una por cada junta. Suponiendo que se desprecian las deformaciones axiales la viga tiene solo un grado de libertad que es el giro del apoyo, si se restringe todo movimiento en este apoyo se tiene una viga doblemente empotrada para la cual se determinan los momentos en extremos causados por el sistema real de cargas. Enseguida giramos un ángulo unitario el extremo B siendo requerido para esto, un momento K_B . Suponiendo los dos momentos y sabiendo que en realidad el momento de empotramiento en el apoyo B es nulo, se

obtiene la ecuación de equilibrio de la cual se encuentra una solución f_B .

Haciendo uso de la superposición nuevamente se obtiene el momento real en el extremo A de la viga original.

TESIS

Las unidades de longitud son : METROS

Las unidades de fuerza son: TONELADAS

Número de nodos = 25

Número de elementos = 36

Nodo	Coordenada x	Coordenada y
1	.00	.00
2	7.00	.00
3	11.00	.00
4	15.00	.00
5	22.00	.00
6	.00	4.00
7	7.00	4.00
8	11.00	4.00
9	15.00	4.00
10	22.00	4.00
11	.00	7.00
12	7.00	7.00
13	11.00	7.00
14	15.00	7.00
15	22.00	7.00
16	.00	10.00
17	7.00	10.00
18	11.00	10.00
19	15.00	10.00
20	22.00	10.00
21	.00	13.00
22	7.00	13.00
23	11.00	13.00
24	15.00	13.00
25	22.00	13.00

Elemento	Nodo inicial	Nodo final
1	1	6
2	2	7
3	3	8
4	4	9
5	5	10
6	6	11
7	7	12
8	8	13
9	9	14
10	10	15
11	11	16
12	12	17
13	13	18
14	14	19
15	15	20
16	16	21
17	17	22
18	18	23
19	19	24
20	20	25
21	6	7
22	7	8
23	8	9
24	9	10

25	11	12
26	12	13
27	13	14
28	14	15
29	16	17
30	17	18
31	18	19
32	19	20
33	21	22
34	22	23
35	23	24
36	24	25

Clave para los tipos de apoyo de los nodos: 1 = apoyo, o = libre

Nodo Apoyo en x

Apoyo en y

Apoyo en r

1	1.	1.	1.
2	1.	1.	1.
3	1.	1.	1.
4	1.	1.	1.
5	1.	1.	1.
Elemento	Area	Inercia	Módulo
1	36000E+00	10800E-01	21213E+07
2	36000E+00	10800E-01	21213E+07
3	24000E+01	18000E-01	21213E+07
4	36000E+00	10800E-01	21213E+07
5	36000E+00	10800E-01	21213E+07
6	36000E+00	10800E-01	21213E+07
7	36000E+00	10800E-01	21213E+07
8	24000E+01	18000E-01	21213E+07
9	36000E+00	10800E-01	21213E+07
10	36000E+00	10800E-01	21213E+07
11	36000E+00	10800E-01	21213E+07
12	36000E+00	10800E-01	21213E+07
13	24000E+01	18000E-01	21213E+07
14	36000E+00	10800E-01	21213E+07
15	36000E+00	10800E-01	21213E+07
16	36000E+00	10800E-01	21213E+07
17	36000E+00	10800E-01	21213E+07
18	24000E+01	18000E-01	21213E+07
19	36000E+00	10800E-01	21213E+07
20	36000E+00	10800E-01	21213E+07
21	18000E+00	31250E-02	21213E+07
22	18000E+00	31250E-02	21213E+07
23	18000E+00	31250E-02	21213E+07
24	18000E+00	31250E-02	21213E+07
25	18000E+00	31250E-02	21213E+07
26	18000E+00	31250E-02	21213E+07
27	18000E+00	31250E-02	21213E+07
28	18000E+00	31250E-02	21213E+07
29	18000E+00	31250E-02	21213E+07

30	18000E+00	31250E-02	21213E+07
31	18000E+00	31250E-02	21213E+07
32	18000E+00	31250E-02	21213E+07
33	18000E+00	31250E-02	21213E+07
34	18000E+00	31250E-02	21213E+07
35	18000E+00	31250E-02	21213E+07
36	18000E+00	31250E-02	21213E+07

Fuerzas aplicadas en los nodos

Nodo	Carga x	Carga y	Momento
23.	.000	-12 000	.000
18.	.000	-30 880	.000
13.	.000	-33 280	.000
8.	.000	-33 280	.000
3.	.000	-23 040	.000

Fuerzas en los elementos: Carga distribuida

Elemento	Carga dist.	Principio de la carga	Fin de la carga
21.	-2.000	.000	7.000
24.	-2.000	.000	7.000
25.	-2.000	.000	7.000
28.	-2.000	.000	7.000
29.	-1.700	.000	7.000
32.	-1.700	.000	7.000
33.	-1.500	.000	7.000
36.	-1.500	.000	7.000

MEDIO ANCHO DE BANDA = 18

DESPLAZAMIENTOS, REACCIONES Y FUERZAS EN LOS ELEMENTOS

Desplazamientos nodales:

Nodo	Desp. x	Desp. y	Rotación z
1	.000	.000	.000
2	.000	.000	.000
3	.000	.000	.000
4	.000	.000	.000
5	.000	.000	.000
6	.000	.000	.000
7	.000	.000	.000
8	.000	.000	.000
9	.000	.000	.000
10	.000	.000	.000
11	.000	.000	.000
12	.000	.000	.000
13	.000	.000	.000
14	.000	.000	.000
15	.000	.000	.000

16	.000	.000	.000
17	.000	.000	.000
18	.000	.000	.000
19	.000	.000	.000
20	.000	.000	.000
21	.000	.000	.000
22	.000	.000	.000
23	.000	.000	.000
24	.000	.000	.000
25	.000	.000	.000

Reacciones:

Nodo	Fuerza X	Fuerza Y	Momento z
1	1.224	25.150	-1.716
2	-.995	25.812	1.334
3	.000	131.356	.000
4	.995	25.812	-1.334
5	-1.224	25.150	1.716

Fuerzas y momentos en los extremos de los elementos:

Elemento	Nodo	F. Axial(x)	F.Cort. (y)	Momento(z)
1	1	-25.1501	-1.2241	1.7155
1	6	-25.1501	-1.2241	-3.1809
2	2	-25.8121	.9946	-1.3336
2	7	-25.8121	.9946	2.6449
3	3	-108.3156	.0000	.0000
3	8	-108.3156	.0000	.0000
4	4	-25.8121	.9946	1.3336
4	9	-25.8121	.9946	-2.6449
5	5	-25.1501	1.2241	-1.7155
5	10	-25.1501	1.2241	3.1809
6	6	-18.1602	-2.9540	4.7208
6	11	-18.1602	-2.9540	-4.1411
7	7	-18.5797	2.9730	-4.6934
7	12	-18.5797	2.9730	4.2256
8	8	-75.4801	.0000	.0000
8	13	-75.4801	.0000	.0000
9	9	-18.5797	-2.9730	4.6934
9	14	-18.5797	-2.9730	-4.2256
10	10	-18.1602	2.9540	-4.7208
10	15	-18.1602	2.9540	4.1411
11	11	-11.1640	-2.3800	3.8477
11	16	-11.1640	-2.3800	-3.2924
12	12	-11.4652	2.1238	-3.4294
12	17	-11.4652	2.1238	2.9421
13	13	-42.4216	.0000	.0000
13	18	-42.4216	.0000	.0000
14	14	-11.4652	-2.1238	3.4294
14	19	-11.4652	-2.1238	-2.9421
15	15	-11.1640	2.3800	-3.8477
15	20	-11.1640	2.3800	3.2924
16	16	-5.2139	-3.0757	3.5497
16	21	-5.2139	-3.0757	-5.6774
17	17	-5.5088	3.0141	-3.8002
17	22	-5.5088	3.0141	5.2421
18	18	-11.5545	.0000	.0000

18	23	-11.5545	.0000	.0000
19	19	-5.5088	-3.0141	3.8002
19	24	-5.5088	-3.0141	-5.2421
20	20	-5.2139	3.0757	-3.5497
20	25	-5.2139	3.0757	5.6774
21	6	1.7298	6.9899	-7.9017
21	7	1.7298	-7.0101	-7.9725
22	7	-.2485	.2223	-.6343
22	8	.2485	.2223	.2549
23	8	-.2485	.2223	.2549
23	9	.2485	.2223	-.6343
24	9	1.7298	7.0101	-7.9725
24	10	1.7298	-6.9899	-7.9017
25	11	-.5739	6.9962	-7.9888
25	12	-.5739	-7.0038	-8.0153
26	12	.2752	.1107	-.3604
26	13	.2752	.1107	.0825
27	13	.2752	.1107	.0825
27	14	.2752	.1107	-.3604
28	14	-.5739	7.0038	-8.0153
28	15	-.5739	-6.9962	-7.9888
29	16	.6957	5.9501	-6.8420
29	17	.6957	-5.9499	-6.8414
30	17	-.1946	.0065	-.0990
30	18	-.1946	.0065	-.0731
31	18	-.1946	.0065	-.0731
31	19	-.1946	.0065	-.0990
32	19	.6957	5.9499	-6.8414
32	20	.6957	-5.9501	-6.8420
33	21	-3.0757	5.2139	-5.6774
33	22	-3.0757	-5.2861	-5.9300
34	22	-.0616	.2227	-.6880
34	23	-.0616	.2227	.2029
35	23	-.0616	.2227	-.2029
35	24	-.0616	.2227	.6880
36	24	-3.0757	5.2861	-5.9300
36	25	-3.0757	-5.2139	-5.6774

***** FIN DEL PROGRAMA *****

ANALISIS POR ELEMENTO FINITO

MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO

En la actualidad, el método del elemento finito constituye una poderosa herramienta para el análisis de estructuras complejas como ciertos muros de composición y/o geometría complicada para fines prácticos, las soluciones obtenidas mediante la aplicación adecuada del método a problemas elásticos lineales pueden considerarse como exactas.

Básicamente, la aplicación del método en cuestión consiste en dividir la estructura en subregiones denominadas elementos finitos, dentro de las cuales se prescribe la forma en que varían los desplazamientos en función de los valores correspondientes a ciertos puntos denominados nudos. Con base en las leyes constitutivas del material (esto es, las relaciones que existen entre esfuerzos y deformaciones, por ejemplo, la ley de Hooke), en la función adoptada para prescribir los desplazamientos, y en las relaciones entre deformaciones unitarias y desplazamientos, se determina la matriz de rigideces de cada elemento, usando por ejemplo, el principio de trabajos virtuales. Estas matrices están referidas a los grados de libertad de los nudos del elemento.

La matriz K de rigideces de la estructura completa se obtiene aplicando el método directo de rigideces, descrito al tratar el problema de marcos, es decir sumando en donde les corresponda los términos de las matrices de rigideces de los elementos.

Los desplazamientos U de los nudos ante un sistema de cargas P aplicadas en los mismos, se obtienen resolviendo el sistema de ecuaciones lineales.

$$KU=P$$

Conociendo los valores de U se puede calcular esfuerzos y deformaciones en cualquier punto de cada elemento, esto es, en cualquier punto de interés.

En caso de muros se puede modelar adecuadamente considerando que se trata de un problema de estado plano de esfuerzos, es decir, aceptando que son nulos los esfuerzos fuera del plano del muro. Aunque los elementos finitos que permiten tratar este tipo de problemas pueden detener diversas formas, como triángulos, o cuadriláteros dado que las partes de un muro son usualmente rectangulares, es adecuado el uso de elementos rectangulares.

Existen programas para computadora que permiten aplicar el método del elemento finito a diversos tipos de estructuras. Uno de los mas difundidos es el SAP, del cual se han desarrollado varias versiones mejoradas.

EL SAP 90

El programa SAP90 es un programa de propósito general de elemento finito y representa el trabajo de investigación realizado en la universidad de California en Berkeley y por el profesor Edward Wilson durante los pasados 25 años.

el desarrollo del programa ha sido realizado usando el ambiente ANSI Fortran 77 lo cual garantiza su portabilidad desde el nivel de computadoras personales a grandes super computadoras.

Este trabajo esta realizado en una versión estudiantil y esta diseñada para trabajar en ambiente MS-DOS. La capacidad máxima del problema a resolver esta restringida a 100 juntas. La versión comercial esta diseñada para resolver problemas mas grandes. Todas las operaciones numéricas son ejecutadas en doble precisión.

El programa tiene opciones de realizar análisis estático y dinámico, las cuales pueden ser activadas al mismo tiempo en la misma ejecución. Las combinaciones de carga pueden incluir resultados de ambos análisis.

Los datos son suministrados al programa en un formato libre y existe la opción de generación de juntas y elementos por conveniencia. El programa tiene capacidad de generar gráficos de las estructuras no deformadas y deformadas para la verificación de los datos geométricos y para el estudio del comportamiento estructural del sistema.

La librería de elementos finitos consiste de 4 elementos: un elemento FRAME tridimensional prismático o no prismático un elemento SHELL tridimensional, un elemento ASOLID bidimensional y un elemento SOLID tridimensional. Los elementos viga y armadura bidimensionales, membrana, flexión de placa, asimétrico y de esfuerzo plano están disponibles como subconjuntos de esos elementos. todas las opciones necesarias de geometría y de carga asociadas con los elementos están

incorporadas en el programa. Un elemento de frontera en la forma de resortes en los apoyos también está incluido.

Las opciones de carga permiten condiciones de gravedad, térmicas, o de presfuerzo además de las cargas nodales usuales en forma de esfuerzos o desplazamientos especificados. La carga dinámica puede ser de la forma de aceleración de base espectro de respuesta o cargas o aceleraciones variables con el tiempo.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA Y PROCEDIMIENTOS PARA EJECUTAR EL PROGRAMA

Instalación, configuración y pruebas

Las versiones regulares del programa SAP90, requieren de la computadora donde se instale tenga al menos 640 Kb. en memoria RAM, un coprocesador matemático y disco duro. La versión PLUS del programa requiere de una computadora con un procesador 80386, un coprocesador matemático 8038, al menos 2Mb de memoria RAM y por supuesto disco duro. Además se requiere una impresora para utilizar los programas de graficación.

Los discos del programa contiene los programas ejecutables, archivos de ejemplos y una base de datos para secciones de acero.

Se recomienda que antes de realizar la instalación de los programas en la computadora, se respalden los discos originales y se trabaje con la copia.

La instalación del programa inicia copiando todos los discos del programa a un espacio de trabajo (subdirectorios) del disco duro. En esos archivos se encuentra la base de datos para secciones de acero con los nombres:

AISC.MET
AISC.DAT

Esos archivos contienen información en dos diferentes unidades, en metros y pulgadas respectivamente. Para hacer uso

de la base de datos se selecciona uno de los dos archivos, dependiendo de las unidades m con que trabajemos y se copia a otro llamado:

AISC.DAT

Preparación de un archivo de datos para SAP90

Para realizar el análisis de una estructura con SAP90, es necesario tener un pleno conocimiento de las hipótesis del programa, lo cual nos permitirá modelar de manera adecuada nuestro problema real. La preparación del archivo de datos se puede llevar a cabo de dos maneras distintas:

- Mediante un editor ASCII como el EDIT del MS-DOS.
- Utilizando el programa SAPIN que se ejecuta desde Windows.

El archivo de datos puede tener cualquier nombre válido en MS-DOS pero sin extensión, como los ejemplos que se incluyen en los discos originales del programa para el análisis de diversas estructuras.

Ejecución del programa SAP90

Supongamos que tenemos creado el archivo. Para analizar una estructura. Para ejecutar el programa tenemos que estar en el directorio de trabajo o que el programa a ejecutarse se encuentre en el PATH o ruta de la computadora.

La corrida de la computadora del programa se realiza en dos fases:

- Fase de revisión de datos
- Fase de solución

Para la fase de revisión de datos tecleamos:
C:/>SAP90 < enter >

Después de esta instrucción apárese una pantalla con el nombre y algunos datos propios del programa.

Antes de introducir el archivo de datos, es necesario teclear <enter> y aparecerá un mensaje que pide el nombre del archivo. una vez que lo escribimos, se tecléa nuevamente <enter> para que empiece primeramente el análisis de información contenida en dicho archivo. En esta fase de revisión aparecerán una serie de mensajes que indican el avance en la revisión de módulos de datos que contienen el archivo. Los datos de los módulos son leídos y analizados para verificar que cumplen con los formatos establecidos y se crea un archivo de salida ASCII llamado con el mismo nombre del archivo original, pero con extensión .SAP por ejem. TESIS. SAP este archivo es una copia de los datos introducidos al programa y los almacena en forma tabular lo cual permite hacer revisiones para corregir posibles errores se recomienda editar y revisar minuciosamente este archivo antes de continuar con la ejecución del programa.

Si en esta etapa no hubo o se han corregido los errores se continua con la fase de solución, que consiste en ejecutar el Comando GO, que contiene una serie de programas que se ejecutan en la secuencia previamente establecida en el archivo de datos de la estructura que se analiza. De igualmanera que en fase de revisión, después de teclear el comando:

```
C:/ > GO <enter>
```

Aparecerán una serie de mensajes que indican el grado de avance de la solución.

Como guardar la imagen de la pantalla

Quando se realizan análisis de estructuras complejas, el tiempo de computadora puede ser considerable, por lo que resultaría impractico estar frente al monitor para observar si se mande algún mensaje en pantalla. Para evitar esto se recomienda activar el modo de impresión de pantalla tecleando las siguientes teclas:

```
Ctrl + PrtSc
```

De esta manera cualquier mensaje en pantalla se enviara a la impresora.

Limpieza del disco duro

Después de una corrida de computadora con SAP90 se crea una serie de archivos auxiliares en la solución que consumen gran cantidad de memoria. Estos archivos se utilizan principalmente para graficación de resultados. Una vez que se ha terminado con el análisis de la estructura o simplemente porque se requiere hacer espacio en disco duro, se pueden utilizar tres comandos que eliminan de forma automática esos archivos que no necesitamos. Estos comandos se describen a continuación:

JUNK

Borra todos los archivos creados por SAP90 excepto el archivo de datos, los archivos de resultados (ASCII) y aquellos archivos intermedios requeridos para graficación.

EATOUT

Borra los archivos de resultados (ASCII)

EAT

Borra los archivos intermedios para graficación dejando el archivo de datos y los de resultados (ASCII)

Terminología del SAP90

La preparación de los datos para un problema de análisis estructural envuelve básicamente los pasos siguientes:

1. Descripción de la geometría de la estructura.
2. Descripción de las propiedades de materiales y secciones de los miembros
3. Definición de las condiciones de carga estáticas y/o dinámicas para las cuales se va a analizar la estructura.

Juntas y elementos.

La geometría básica de la estructura se establece colocando juntas o nodos y miembros sobre la misma. Cada junta posee el número de identificación único y se ubica en el espacio por medio de coordenadas asociadas a un sistema de coordenadas globales tridimensionales.

La geometría estructural se completa conectando las juntas predefinido con elementos estructurales que son de un tipo específico: viga, armadura, cascaron, placas, etc. A cada elemento se le asigna un número de identificación único.

Las cargas pueden ser aplicadas como cargas concentradas actuando sobre juntas específicas o como cargas distribuidas incluyendo cargas térmicas actuando sobre los elementos.

Sistema de coordenadas local y global.

Para la definición de todos los datos de entrada y salida asociados con las juntas se usa un sistema de coordenadas cartesiano tridimensional "X-Y-Z" el cual se conoce como el sistema de coordenadas global.

Los siguientes datos de entrada son preparados con respecto al eje de coordenadas global:

- Coordenadas de junta
- Restricciones de juntas (condiciones de apoyo)
- Resortes de apoyo
- Cargas en juntas
- Desplazamientos especificados en juntas

Los siguientes resultados están referidos al sistema global de coordenadas:

- Desplazamiento en juntas
- Reacciones de juntas

MARCO TEMA DE TESIS
C UNIDADES EN TONELADAS METRO
SYSTEM

L=1

JOINTS

1 Z=0 Y=0 X=0
2 Z=0 Y=7
3 Z=0 Y=9
4 Z=0 Y=11
5 Z=0 Y=13
6 Z=0 Y=15
7 Z=0 Y=22
8 Z=4 Y=0
9 Z=4 Y=7
10 Z=4 Y=9
11 Z=4 Y=11
12 Z=4 Y=13
13 Z=4 Y=15
14 Z=4 Y=22
29 Z=13 Y=0 G=8,29,7
30 Z=13 Y=7 G=9,30,7
31 Z=13 Y=9 G=10,31,7
32 Z=13 Y=11 G=11,32,7
33 Z=13 Y=13 G=12,33,7
34 Z=13 Y=15 G=13,34,7
35 Z=13 Y=22 G=14,35,7

RESTRAINTS

1,35,1 R=1,0,0,0,1,1
1,7,1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=2 NL=3

1 I=0.0108 A=0.36 E=2121320 G=883883
2 I=0.003125 A=0.18 E=2121320 G=883883
1 WL=0,-1.5
2 WL=0,-1.7
3 WL=0,-2.0

C COLUMNS

1,1,8 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
5,8,15 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
9,15,22 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
13,22,29 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
3,6,13 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
7,13,20 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
11,20,27 G=1,1,1,1 M=1 LP=3
15,27,34 G=1,1,1,1 M=1 LP=3

C VIGAS

17,8,9 G=1,1,5,5 M=2 NSL=3
19,15,16 G=1,1,5,5 M=2 NSL=3
21,22,23 G=1,1,5,5 M=2 NSL=2
23,29,30 G=1,1,5,5 M=2 NSL=1

SHELL

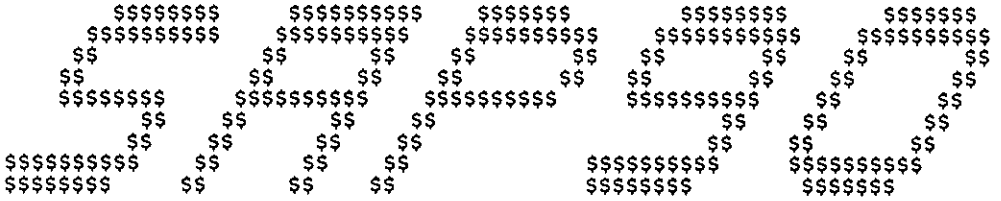
NM=1 Z=-1

1 E=2121320 U=0.2 W=2.4
1 JQ=2,3,9,10 ETYPE=1 M=1 TH=0.3
2 JQ=3,4,10,11
3 JQ=4,5,11,12
4 JQ=5,6,12,13
5 JQ=9,10,16,17
6 JQ=10,11,17,18
7 JQ=11,12,18,19
8 JQ=12,13,19,20
9 JQ=16,17,23,24
10 JQ=17,18,24,25
11 JQ=18,19,25,26

12 JQ=19, 20, 26, 27
13 JQ=23, 24, 30, 31
14 JQ=24, 25, 31, 32
15 JQ=25, 26, 32, 33
16 JQ=26, 27, 33, 34

LOADS

9 L=1 F=0, 0, -2
10 L=1 F=0, 0, -4
11 L=1 F=0, 0, -4
12 L=1 F=0, 0, -4
13 L=1 F=0.0, -2
16 L=1 F=0, 0, -2
17 L=1 F=0, 0, -4
18 L=1 F=0, 0, -4
19 L=1 F=0, 0, -4
20 L=1 F=0, 0, -2
23 L=1 F=0, 0, -1.7
24 L=1 F=0, 0, -3.4
25 L=1 F=0, 0, -3.4
26 L=1 F=0, 0, -3.4
27 L=1 F=0, 0, -1.7
30 L=1 F=0, 0, -1.5
31 L=1 F=0, 0, -3
32 L=1 F=0, 0, -3
33 L=1 F=0, 0, -3
34 L=1 F=0, 0, -1.5



STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.10

Copyright (C) 1978-1989
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

1

F

MARCO TEMA DE TESIS

FRAME ELEMENT FORCES

ELT AXIAL ID COND TORQ	LOAD COND	AXIAL FORCE	1-2 PLANE		1-3 PLANE	
			DIST ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR
1 -----						
	1	-25.03	.0	-1.31	1.93	
			4.0	-1.31	-3.33	
2 -----						
	1	-20.92	.0	.21	-.18	
			4.0	.21	.65	
5 -----						
	1	-18.10	.0	-2.81	4.44	
			3.0	-2.81	-3.99	
6 -----						
	1	-13.81	.0	1.77	-2.46	
			3.0	1.77	2.84	
9 -----						
	1	-11.13	.0	-2.40	3.92	
			3.0	-2.40	-3.29	
10 -----						
	1	-8.59	.0	2.06	-3.07	
			3.0	2.06	3.10	
13 -----						
	1	-5.18	.0	-3.05	3.55	
			3.0	-3.05	-5.59	
14 -----						
	1	-5.45	.0	2.56	-3.55	
			3.0	2.56	4.14	
3 -----						
	1	-19.38	.0	-.24	.26	
			4.0	-.24	-.70	
4 -----						
	1	-25.01	.0	1.28	-1.85	
			4.0	1.28	3.28	
7 -----						
	1	-13.93	.0	-1.72	2.38	
			3.0	-1.72	-2.77	
8 -----						
	1	-18.08	.0	2.82	-4.46	
			3.0	2.82	3.99	
11 -----						
	1	-8.62	.0	-2.06	3.06	
			3.0	-2.06	-3.11	

□

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

2

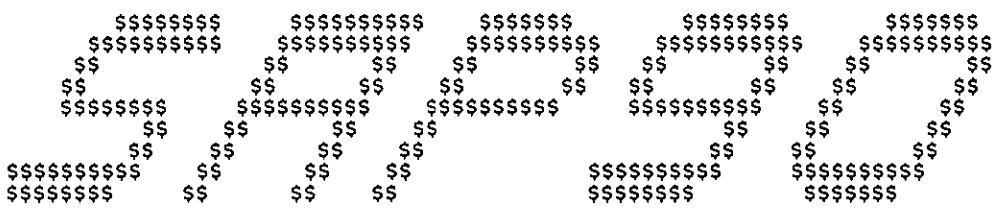
PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.F3

F

MARCO TEMA DE TESIS

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT AXIAL ID COND TORQ	LOAD COND	AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE	
		FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT
12	1	-11.12					
			.0	2.39	-3.90		
			3.0	2.39	3.28		
15	1	-5.47					
			.0	-2.58	3.57		
			3.0	-2.58	-4.17		
16	1	-5.17					
			.0	3.04	-3.54		
			3.0	3.04	5.57		
17	1	1.49					
			.0	6.93	-7.76		
			3.5	.00	4.24		
			7.0	-7.07	-8.26		
18	1	1.54					
			.0	7.08	-8.28		
			3.5	.00	4.24		
			7.0	-6.92	-7.74		
19	1	-.41					
			.0	6.97	-7.91		
			3.5	.00	4.23		
			7.0	-7.03	-8.12		
20	1	-.43					
			.0	7.04	-8.14		
			3.5	.00	4.23		
			7.0	-6.96	-7.89		
21	1	.64					
			.0	5.95	-6.84		
			3.5	.00	3.58		
			7.0	-5.95	-6.82		
22	1	.65					
			.0	5.95	-6.84		
			3.5	.00	3.58		
			7.0	-5.95	-6.82		
23	1	-3.05					
			.0	5.18	-5.59		
			3.5	.00	3.34		
			7.0	-5.32	-6.11		
24	1	-3.04					
			.0	5.33	-6.12		
			3.6	.00	3.34		
			7.0	-5.17	-5.57		



STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.10

Copyright (C) 1978-1989
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

1

PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.F4

F

MARCO TEMA DE TESIS

S H E L L E L E M E N T F O R C E S

MEMBRANE FORCES ARE IN FORCE PER UNIT LENGTH
BENDING MOMENTS ARE IN MOMENTS PER UNIT LENGTH

ELEMENT ID	1 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
2	-3.6318E+00	-1.8159E+01	3.2077E+00	-2.9550E+00	-1.8836E+01	11.91	
3	-3.3548E+00	-1.6774E+01	8.9911E-01	-3.2948E+00	-1.6834E+01	3.82	
9	2.6124E+00	-1.6910E+01	-3.0556E+00	3.0795E+00	-1.7377E+01	-8.69	
10	2.8894E+00	-1.5525E+01	-5.3642E+00	4.3381E+00	-1.6974E+01	-15.11	
ELEMENT ID	2 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
3	-3.3548E+00	-1.6774E+01	8.9911E-01	-3.2948E+00	-1.6834E+01	3.82	
4	-3.2749E+00	-1.6375E+01	-2.8266E-01	-3.2688E+00	-1.6381E+01	-1.24	
10	2.8011E-03	-1.6102E+01	-7.4211E-01	3.6924E-02	-1.6136E+01	-2.63	
11	8.2659E-02	-1.5703E+01	-1.9239E+00	3.1375E-01	-1.5934E+01	-6.85	
ELEMENT ID	3 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
4	-3.2749E+00	-1.6375E+01	-2.8266E-01	-3.2688E+00	-1.6381E+01	-1.24	
5	-3.2646E+00	-1.6323E+01	-1.4663E+00	-3.1020E+00	-1.6486E+01	-6.33	
11	-1.3757E-01	-1.5747E+01	1.4621E+00	-1.7962E-03	-1.5883E+01	5.31	
12	-1.2731E-01	-1.5696E+01	2.7849E-01	-1.2232E-01	-1.5701E+01	1.02	
ELEMENT ID	4 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
5	-3.2646E+00	-1.6323E+01	-1.4663E+00	-3.1020E+00	-1.6486E+01	-6.33	
6	-3.3639E+00	-1.6819E+01	-3.7114E+00	-2.4081E+00	-1.7775E+01	-14.44	
12	2.0612E+00	-1.5258E+01	4.9618E+00	3.3819E+00	-1.6579E+01	14.91	
13	1.9619E+00	-1.5754E+01	2.7167E+00	2.3691E+00	-1.6162E+01	8.53	
ELEMENT ID	5 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
9	3.8463E+00	-1.0741E+01	9.0702E+00	8.1917E+00	-1.5086E+01	25.60	
10	3.6392E+00	-1.1776E+01	-1.0784E+00	3.7143E+00	-1.1851E+01	-3.98	
16	-1.1699E+00	-1.1744E+01	3.4934E+00	-1.2001E-01	-1.2794E+01	16.73	
17	-1.3770E+00	-1.2779E+01	-6.6551E+00	1.6851E+00	-1.5841E+01	-24.71	
ELEMENT ID	6 -----						
LOAD COND	1 -----						
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
10	7.5260E-01	-1.2353E+01	3.5438E+00	1.6494E+00	-1.3250E+01	14.20	
11	8.0584E-01	-1.2087E+01	-1.8846E+00	1.0757E+00	-1.2357E+01	-8.15	
17	5.2597E-01	-1.2399E+01	2.1054E+00	8.6028E-01	-1.2733E+01	9.02	
18	5.7921E-01	-1.2132E+01	-3.3231E+00	1.3955E+00	-1.2949E+01	-13.80	

□

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED
2

PAGE

PROGRAM: SAP90/FILE: TESIS.F4

F

MARCO TEMA DE TESIS

S H E L L E L E M E N T F O R C E S

ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
11	5.8561E-01	-1.2131E+01	1.5014E+00	7.6046E-01	-1.2306E+01	6.64	
12	5.9139E-01	-1.2102E+01	-3.7981E+00	1.6411E+00	-1.3152E+01	-15.45	
18	5.0719E-01	-1.2147E+01	3.2384E+00	1.2878E+00	-1.2927E+01	13.55	
19	5.1297E-01	-1.2118E+01	-2.0611E+00	8.4080E-01	-1.2446E+01	-9.04	
ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
12	2.7799E+00	-1.1665E+01	8.8516E-01	2.8339E+00	-1.1719E+01	3.49	
13	2.9078E+00	-1.1025E+01	-8.4781E+00	6.9144E+00	-1.5032E+01	-25.30	
19	-1.1406E+00	-1.2449E+01	6.3422E+00	1.7019E+00	-1.5291E+01	24.14	
20	-1.0127E+00	-1.1809E+01	-3.0210E+00	-2.2488E-01	-1.2597E+01	-14.62	
ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
16	-2.6393E-01	-7.2141E+00	6.0189E+00	3.2110E+00	-1.0689E+01	30.00	
17	-2.5845E-01	-7.1867E+00	-3.4109E+00	1.1390E+00	-8.5841E+00	-22.28	
23	4.0317E-01	-7.0806E+00	4.6049E+00	2.5948E+00	-9.2723E+00	25.45	
24	4.0865E-01	-7.0533E+00	-4.8249E+00	2.7768E+00	-9.4214E+00	-26.14	
ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
17	1.6445E+00	-6.8061E+00	5.3496E+00	4.2362E+00	-9.3978E+00	25.85	
18	1.5909E+00	-7.0739E+00	-3.2659E+00	2.6840E+00	-8.1670E+00	-18.51	
24	-3.4810E-02	-7.1420E+00	3.9976E+00	1.7603E+00	-8.9371E+00	24.18	
25	-8.8370E-02	-7.4098E+00	-4.6179E+00	2.1438E+00	-9.6419E+00	-25.80	
ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
18	1.5189E+00	-7.0883E+00	3.2955E+00	2.6357E+00	-8.2051E+00	18.72	
19	1.5609E+00	-6.8782E+00	-5.1888E+00	4.0293E+00	-9.3465E+00	-25.44	
25	-5.2900E-02	-7.4027E+00	4.4987E+00	2.0811E+00	-9.5367E+00	25.38	
26	-1.0869E-02	-7.1925E+00	-3.9855E+00	1.7629E+00	-8.9663E+00	-23.99	
ELEMENT ID		-----					
LOAD COND		1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE	
19	-9.2675E-02	-7.2089E+00	3.2145E+00	1.1443E+00	-8.4459E+00	21.05	
20	-9.0910E-02	-7.2001E+00	-5.9539E+00	3.2887E+00	-1.0580E+01	-29.58	
26	4.5132E-01	-7.1001E+00	4.7256E+00	2.7243E+00	-9.3731E+00	25.69	
27	4.5308E-01	-7.0913E+00	-4.4428E+00	2.5091E+00	-9.1473E+00	-24.83	

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

3

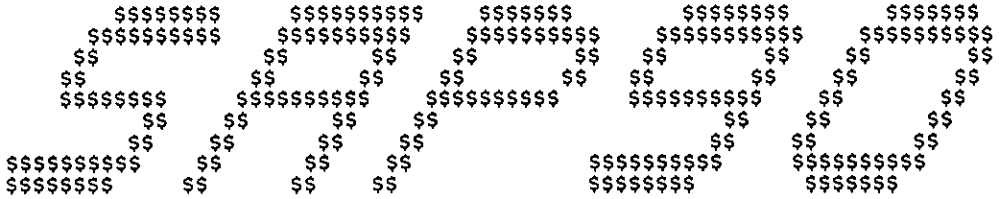
PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.F4

F

MARCO TEMA DE TESIS

S H E L L E L E M E N T F O R C E S

ELEMENT ID	-----					
LOAD COND	1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE
23	9.4843E-01	-4.3544E+00	9.0071E+00	7.6863E+00	-1.1092E+01	36.80
24	1.2972E+00	-2.6105E+00	-3.6990E+00	3.5267E+00	-4.8400E+00	-31.08
30	3.9511E+00	-3.7538E+00	4.5131E+00	6.0324E+00	-5.8352E+00	24.76
31	4.2998E+00	-2.0100E+00	-8.1930E+00	9.9243E+00	-7.6345E+00	-34.47
ELEMENT ID	-----					
LOAD COND	1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE
24	8.5374E-01	-2.6992E+00	5.1234E+00	4.5000E+00	-6.3454E+00	35.44
25	8.5682E-01	-2.6838E+00	-4.5563E+00	3.9746E+00	-5.8016E+00	-34.38
31	7.6050E-01	-2.7179E+00	4.7397E+00	4.0700E+00	-6.0274E+00	34.93
32	7.6359E-01	-2.7024E+00	-4.9401E+00	4.2658E+00	-6.2046E+00	-35.33
ELEMENT ID	-----					
LOAD COND	1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE
25	8.9229E-01	-2.6767E+00	4.5604E+00	4.0049E+00	-5.7893E+00	34.31
26	8.8653E-01	-2.7055E+00	-5.0501E+00	4.4505E+00	-6.2695E+00	-35.21
32	7.8653E-01	-2.6979E+00	4.8859E+00	4.2316E+00	-6.1429E+00	35.19
33	7.8077E-01	-2.7267E+00	-4.7246E+00	4.0666E+00	-6.0125E+00	-34.82
ELEMENT ID	-----					
LOAD COND	1 -----					
JOINT	S11	S22	S12	Smax	Smin	ANGLE
26	1.3487E+00	-2.6131E+00	3.6610E+00	3.5303E+00	-4.7947E+00	30.79
27	1.0002E+00	-4.3557E+00	-8.9967E+00	7.7090E+00	-1.1065E+01	-36.71
33	4.3274E+00	-2.0173E+00	8.1853E+00	9.9336E+00	-7.6236E+00	34.41
34	3.9789E+00	-3.7600E+00	-4.4723E+00	6.0233E+00	-5.8044E+00	-24.57



STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.10

Copyright (C) 1978-1989
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

1

PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.FE

F

MARCO TEMA DE TESIS

FRAME	ELEMENT	JOINT FORCES					
ELEMENT ID 1 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
1		.000	1.314	25.027	-1.928	.000	.000
8		.000	-1.314	-25.027	-3.328	.000	.000
ELEMENT ID 2 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
2		.000	-.208	20.919	.180	.000	.000
9		.000	.208	-20.919	.652	.000	.000
ELEMENT ID 5 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
8		.000	2.808	18.098	-4.436	.000	.000
15		.000	-2.808	-18.098	-3.989	.000	.000
ELEMENT ID 6 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
9		.000	-1.766	13.812	2.458	.000	.000
16		.000	1.766	-13.812	2.841	.000	.000
ELEMENT ID 9 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
15		.000	2.403	11.128	-3.920	.000	.000
22		.000	-2.403	-11.128	-3.288	.000	.000
ELEMENT ID 10 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
16		.000	-2.057	8.594	3.071	.000	.000
23		.000	2.057	-8.594	3.101	.000	.000
ELEMENT ID 13 -----							
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
22		.000	3.046	5.176	-3.548	.000	.000
29		.000	-3.046	-5.176	-5.588	.000	.000

U

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

2

PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.FE

F

MARCO TEMA DE TESIS

F R A M E E L E M E N T J O I N T F O R C E S

ELEMENT ID	LOAD	COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
14	1								
			23	.000	-2.564	5.453	3.549	.000	.000
			30	.000	2.564	-5.453	4.144	.000	.000
3	1								
			6	.000	.240	19.376	-.262	.000	.000
			13	.000	-.240	-19.376	-.700	.000	.000
4	1								
			7	.000	-1.282	25.007	1.848	.000	.000
			14	.000	1.282	-25.007	3.279	.000	.000
7	1								
			13	.000	1.717	13.928	-2.381	.000	.000
			20	.000	-1.717	-13.928	-2.771	.000	.000
8	1								
			14	.000	-2.819	18.085	4.463	.000	.000
			21	.000	2.819	-18.085	3.994	.000	.000
11	1								
			20	.000	2.055	8.618	-3.059	.000	.000
			27	.000	-2.055	-8.618	-3.106	.000	.000
12	1								
			21	.000	-2.393	11.120	3.900	.000	.000
			28	.000	2.393	-11.120	3.279	.000	.000

□

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED
3

PAGE

PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.FE

F

MARCO TEMA DE TESIS

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

ELEMENT ID	LOAD	COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
ELEMENT ID 15	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	27	.000	2.580	5.467	-3.570	.000	.000		
	34	.000	-2.580	-5.467	-4.169	.000	.000		
ELEMENT ID 16	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	28	.000	-3.039	5.172	3.541	.000	.000		
	35	.000	3.039	-5.172	5.575	.000	.000		
ELEMENT ID 17	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	8	.000	-1.494	6.929	7.764	.000	.000		
	9	.000	1.494	7.071	-8.260	.000	.000		
ELEMENT ID 18	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	13	.000	-1.537	7.077	8.282	.000	.000		
	14	.000	1.537	6.923	-7.742	.000	.000		
ELEMENT ID 19	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	15	.000	.406	6.969	7.909	.000	.000		
	16	.000	-.406	7.031	-8.123	.000	.000		
ELEMENT ID 20	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	20	.000	.426	7.035	8.141	.000	.000		
	21	.000	-.426	6.965	-7.894	.000	.000		
ELEMENT ID 21	-----								
LOAD									
COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)		
1	22	.000	-.643	5.952	6.836	.000	.000		
	23	.000	.643	5.948	-6.820	.000	.000		

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

4

PROGRAM:SAP90/FILE:TESIS.FE

F

MARCO TEMA DE TESIS

F R A M E E L E M E N T J O I N T F O R C E S

ELEMENT ID	22	-----					
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
	27	.000	-.646	5.952	6.835	.000	.000
	28	.000	.646	5.948	-6.820	.000	.000
ELEMENT ID	23	-----					
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
	29	.000	3.046	5.176	5.588	.000	.000
	30	.000	-3.046	5.324	-6.108	.000	.000
ELEMENT ID	24	-----					
LOAD							
COND JOINT		F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1							
	34	.000	3.039	5.328	6.121	.000	.000
	35	.000	-3.039	5.172	-5.575	.000	.000

□

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED

PAGE

7

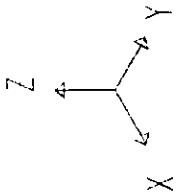
PROGRAM: SAP90/FILE: TESIS.FE

F

MARCO TEMA DE TESIS

S H E L L E L E M E N T J O I N T F O R C E S

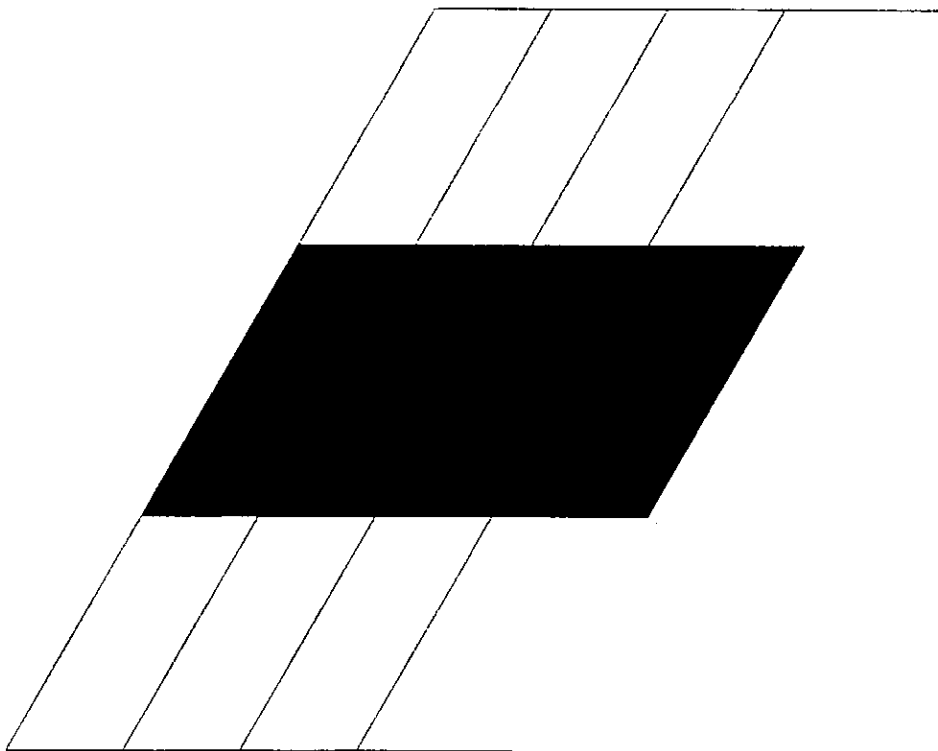
ELEMENT ID	COND	JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
ELEMENT ID 13 -----								
LOAD								
	1							
		23	.000	-.156	2.310	1.479	.000	.000
		24	.000	-.658	4.748	-3.427	.000	.000
		30	.000	.481	-1.371	1.963	.000	.000
		31	.000	.333	-1.367	-.015	.000	.000
ELEMENT ID 14 -----								
LOAD								
	1							
		24	.000	-1.497	3.518	2.532	.000	.000
		25	.000	1.314	3.937	-2.695	.000	.000
		31	.000	-.333	-1.633	.015	.000	.000
		32	.000	.516	-1.502	.148	.000	.000
ELEMENT ID 15 -----								
LOAD								
	1							
		25	.000	-1.332	3.904	2.676	.000	.000
		26	.000	1.496	3.541	-2.538	.000	.000
		32	.000	-.516	-1.498	-.148	.000	.000
		33	.000	.352	-1.627	.009	.000	.000
ELEMENT ID 16 -----								
LOAD								
	1							
		26	.000	.629	4.750	3.438	.000	.000
		27	.000	.182	2.304	-1.477	.000	.000
		33	.000	-.352	-1.373	-.009	.000	.000
		34	.000	-.459	-1.361	-1.952	.000	.000

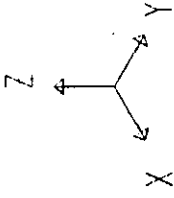


TESTIS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
HIDDEN LINES

SAP90

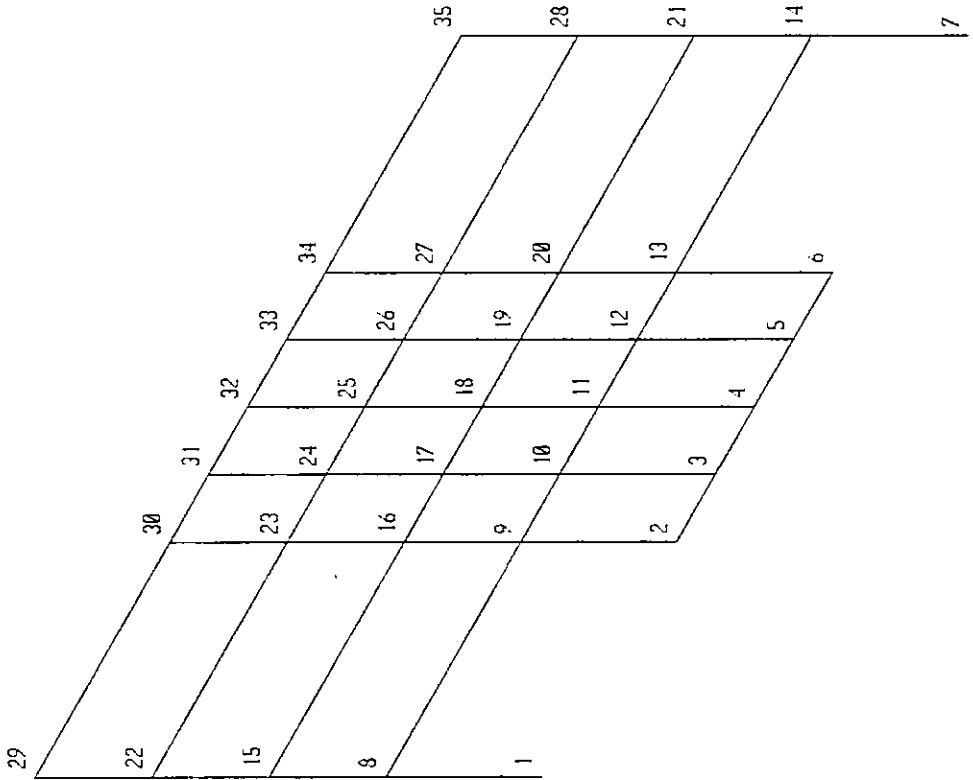


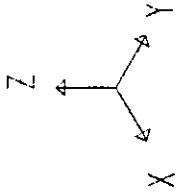


TESTS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
WIRE FRAME

SAP90

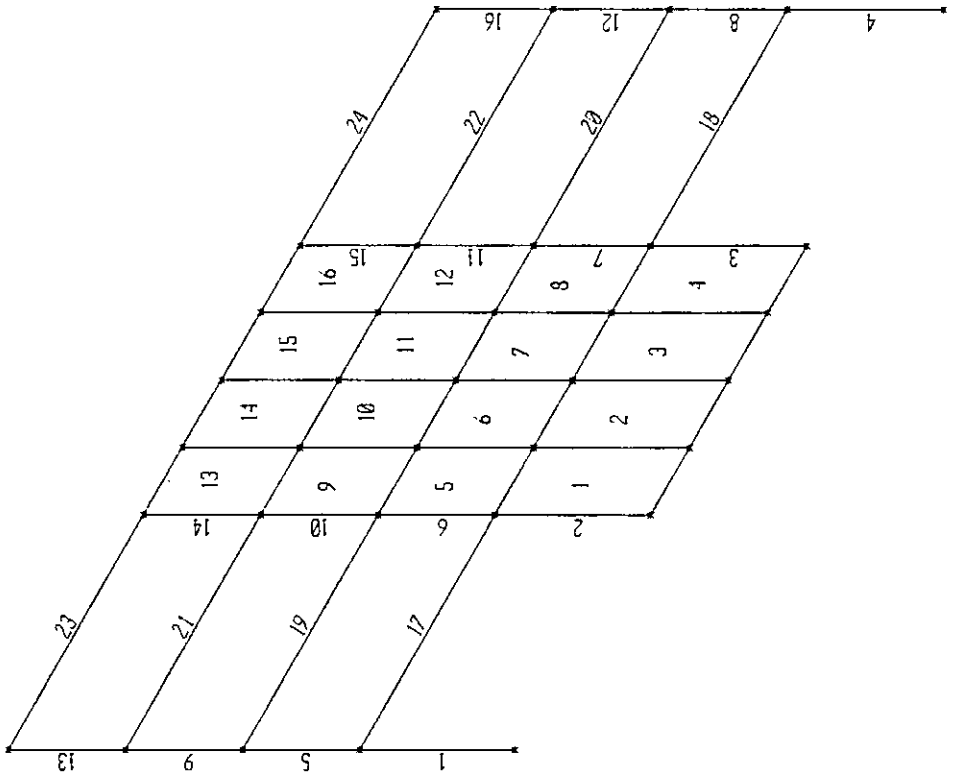


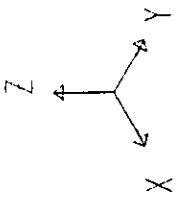


TESTS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
ALL JOINTS
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90



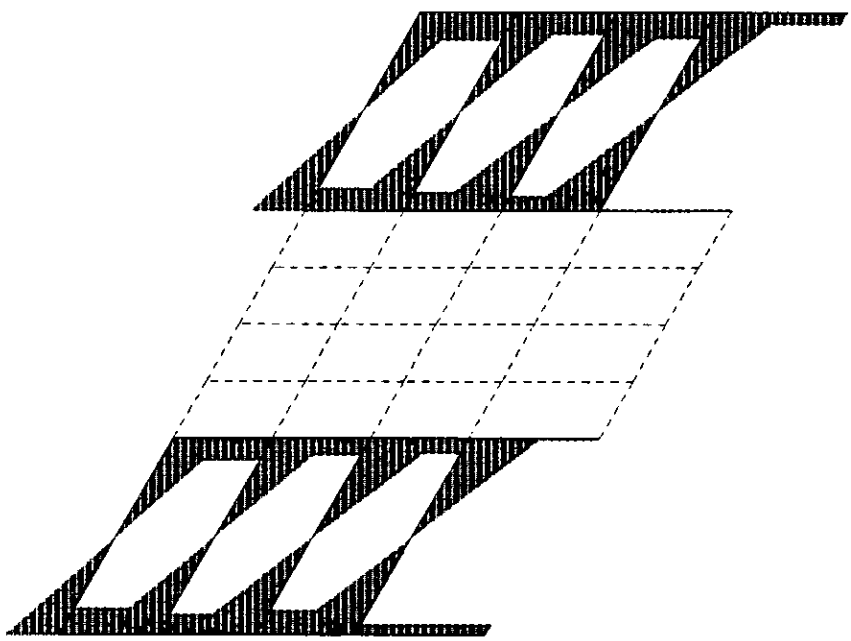


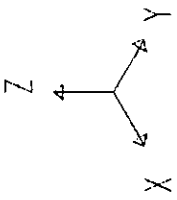
TESTS
FRAME
OUTPUT V22
LOAD 1

ENVELOPES

MIN < 17>
-.7071E+01
AT 7.00
MAX < 18>
.7077E+01
AT .00

SAP90



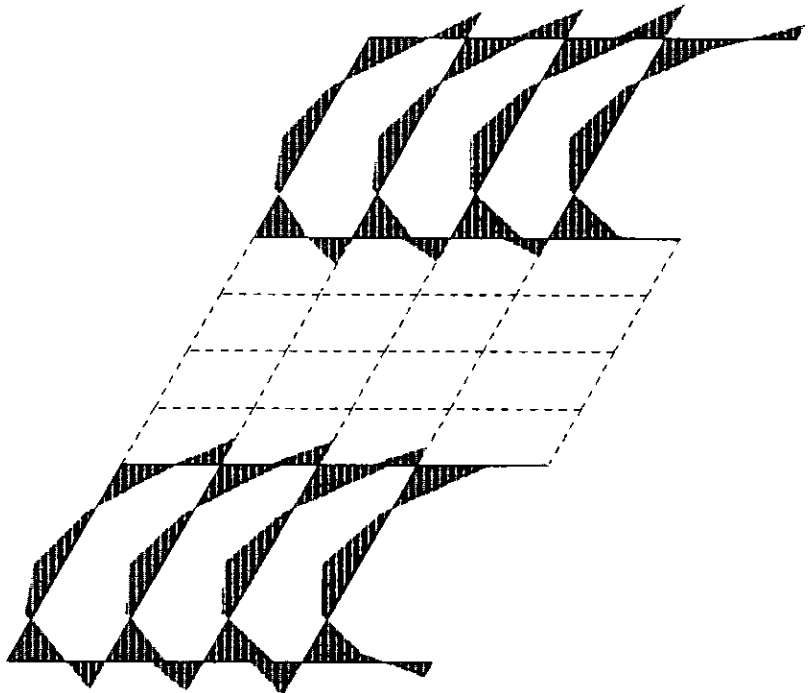


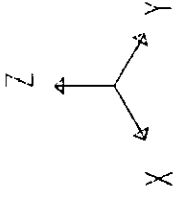
TESIS
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 1

ENVELOPES

MIN < 18>
- .8282E+01
AT .00
MAX < 16>
.5575E+01
AT 3.00

SAP90

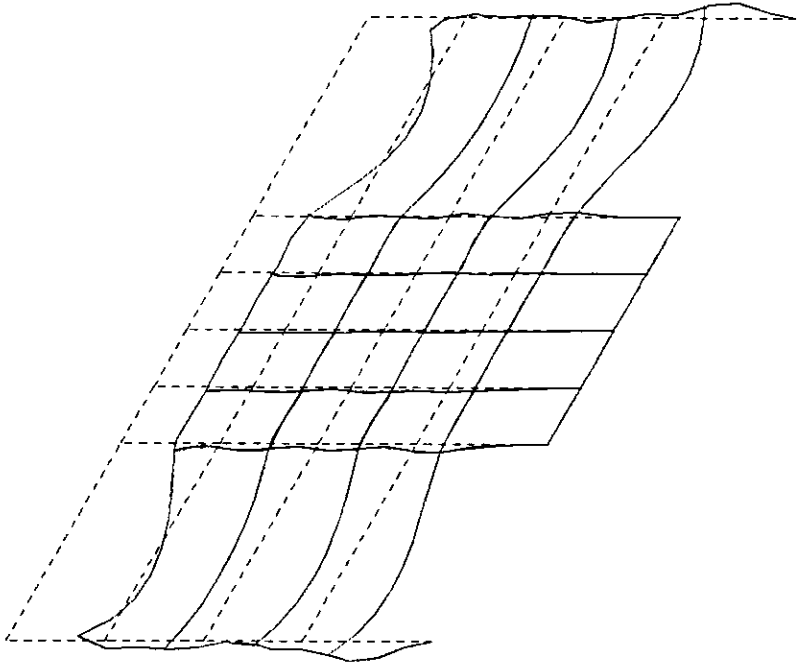


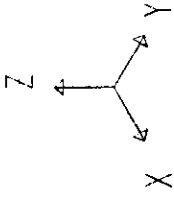


TESTS
DEFORMED
SHAPE
LOAD 1

MINIMA
X .0000E+00
Y -.6143E-04
Z -.2662E-03
MAXIMA
X .0000E+00
Y .4864E-04
Z .0000E+00

SAP90





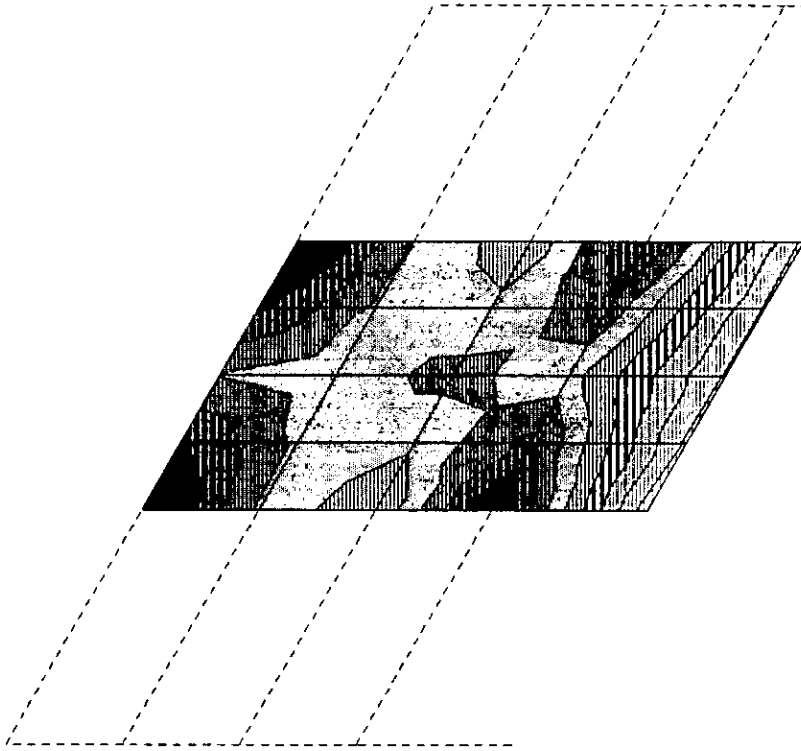
TESIS
SHELL
OUTPUT S11
LOAD 1

$\times 10^{-2}$

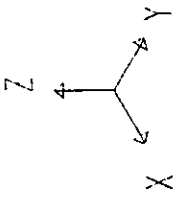
400
240
80
-80
-240
-400



SAP90



MIN IS - .363E+01 <JOINT 2> MAX IS .398E+01 <JOINT 34>

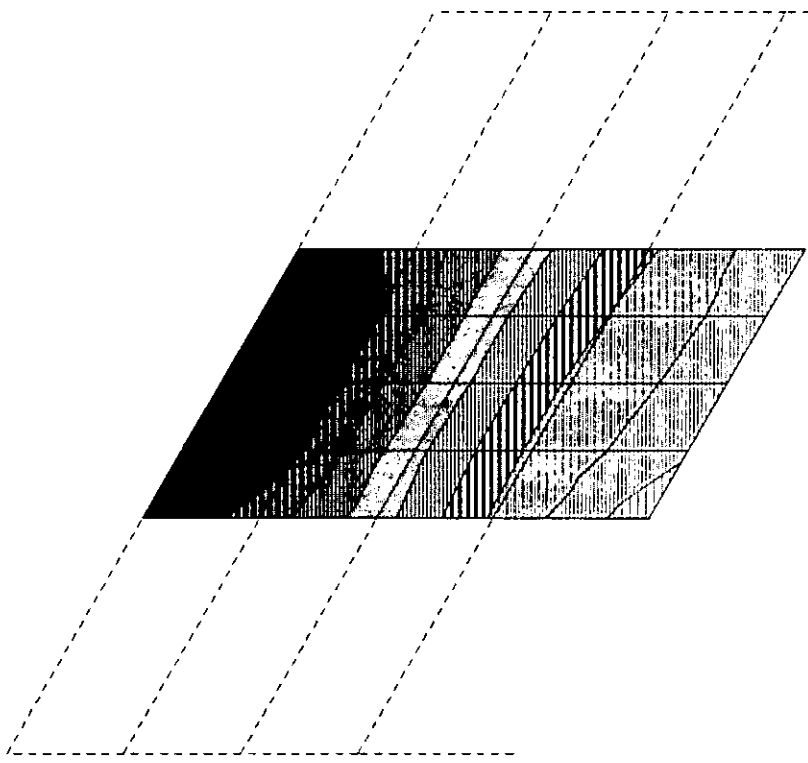


TESIS
 SHELL
 OUTPUT S22
 LOAD !

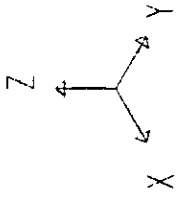
$\times 10^{-1}$
 -17
 -51
 -85
 -119
 -153
 -187



SAP90

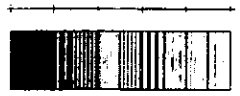


MIN IS - .182E+02 <JOINT 2> MAX IS - .236E+01 <JOINT 31>

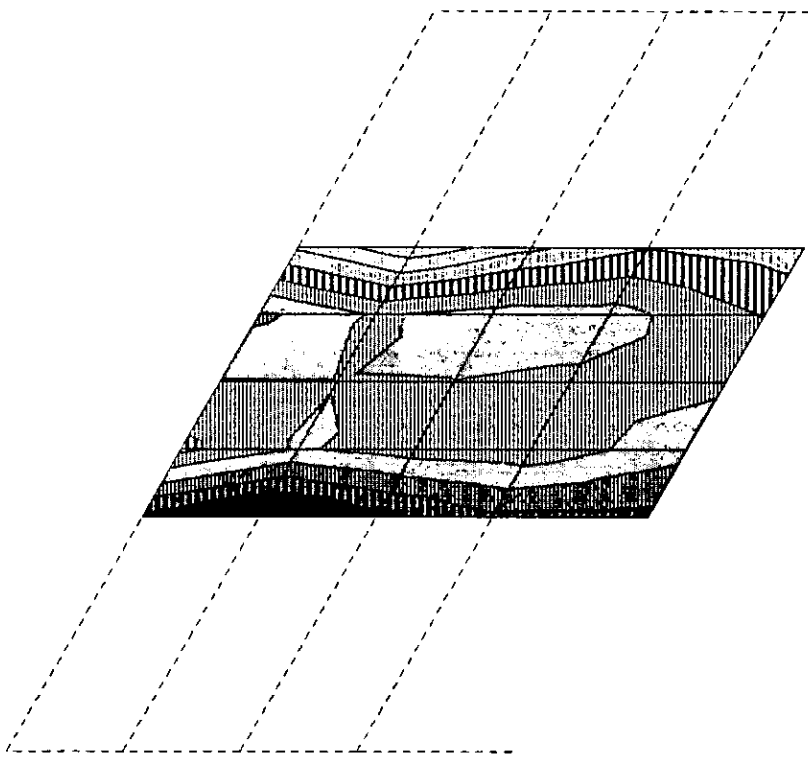


TESIS
 SHELL
 OUTPUT S12
 LOAD I

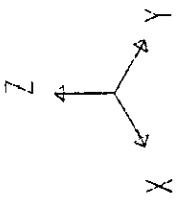
$\times 10^{-1}$
 70
 42
 14
 -14
 -42
 -70



SAP90



MIN IS -.672E+01 <JOINT 27> MAX IS .681E+01 <JOINT 23>

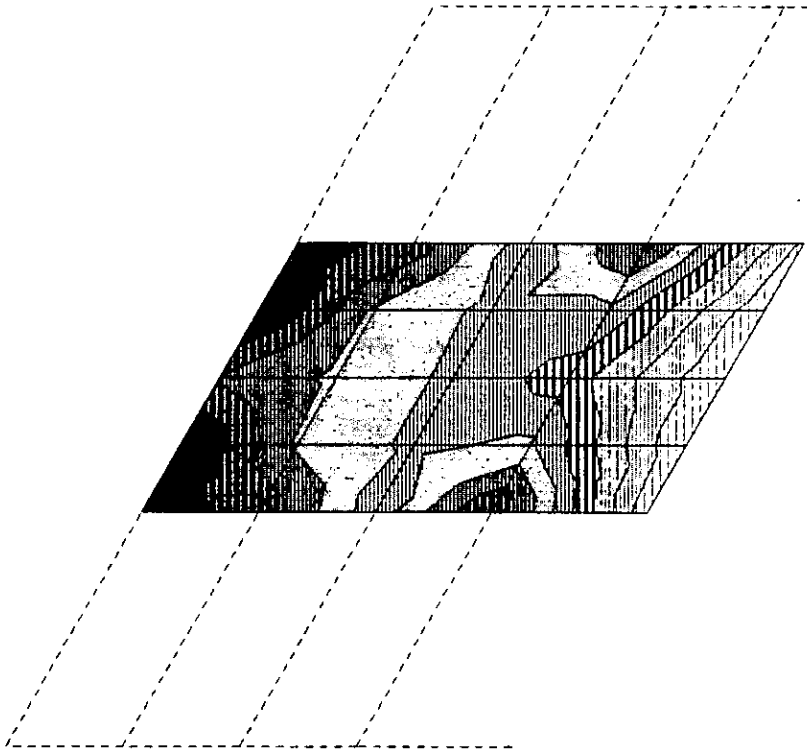


TESTS
SHELL
OUTPUT SMAX
LOAD I

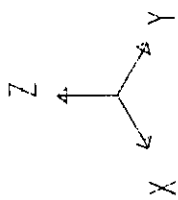
$\times 10^{-1}$
77
55
33
11
-11
-33



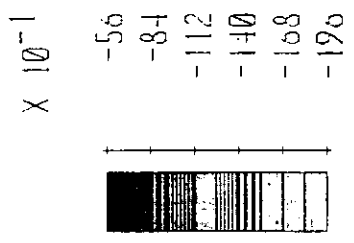
SAP90



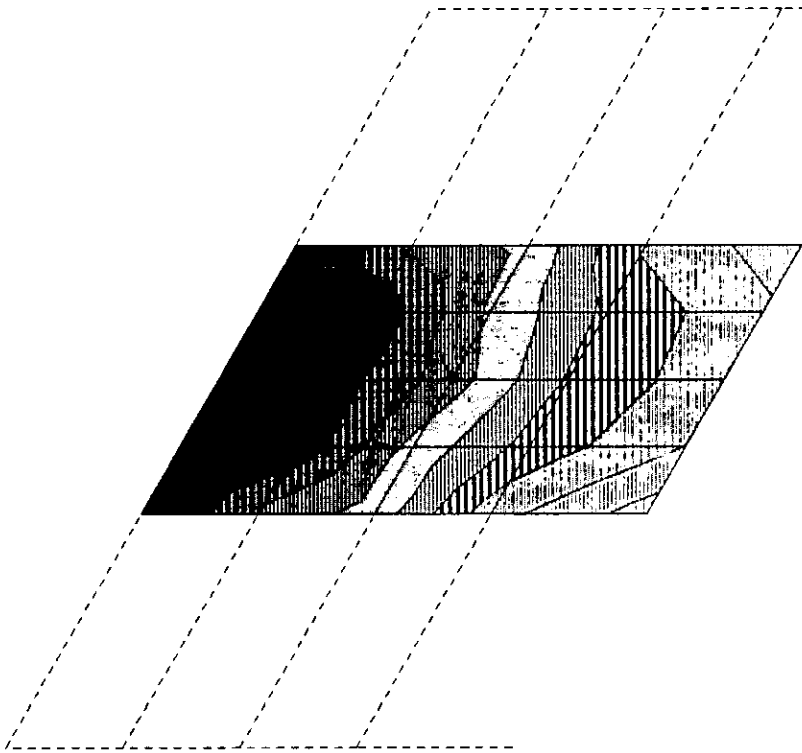
MIN IS $-.329E+01$ <JOINT 3> MAX IS $.700E+01$ <JOINT 33>



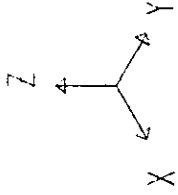
TESTS
SHELL
OUTPUT SMIN
LOAD 1



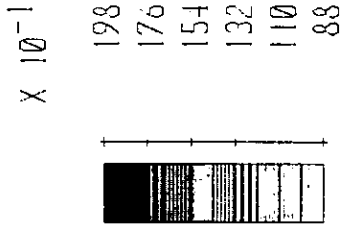
SAP90



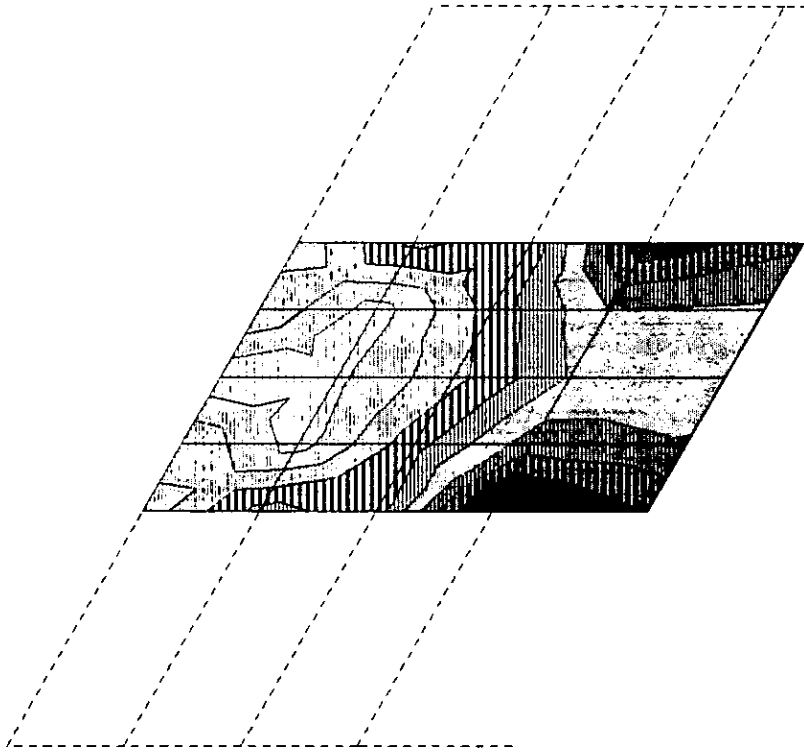
MIN IS - .188E+02 <JOINT 2> MAX IS - .580E+01 <JOINT 3>



TESIS
 SHELL
 OUTPUT SVM
 LOAD 1



SAP90



MIN IS .908E+01 <JOINT 32> MAX IS .198E+02 <JOINT 9>

COMPARACION DE RESULTADOS

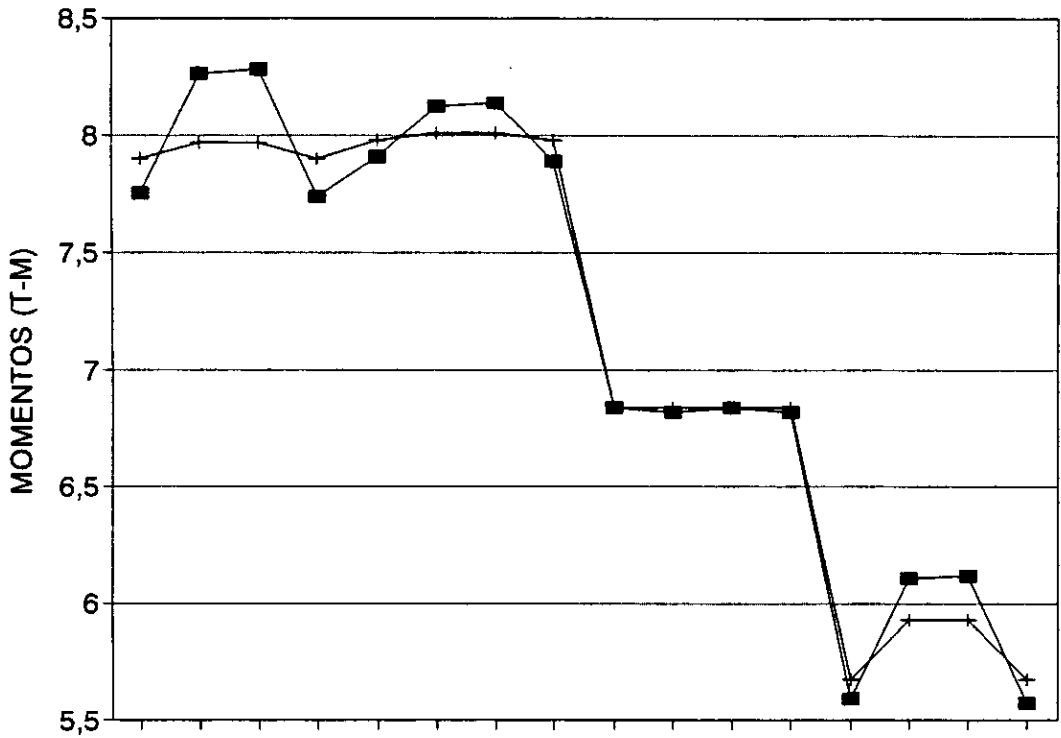
ANALISIS DE RESULTADOS

MOMENTOS DE VIGAS	
E. FINITO	RIGIDESES
7.76	7.90
8.26	7.97
8.28	7.97
7.74	7.90
7.91	7.98
8.12	8.01
8.14	8.01
7.89	7.98
6.84	6.84
6.82	6.84
6.84	6.84
6.82	6.84
5.59	5.67
6.11	5.93
8.12	5.93
5.57	5.67

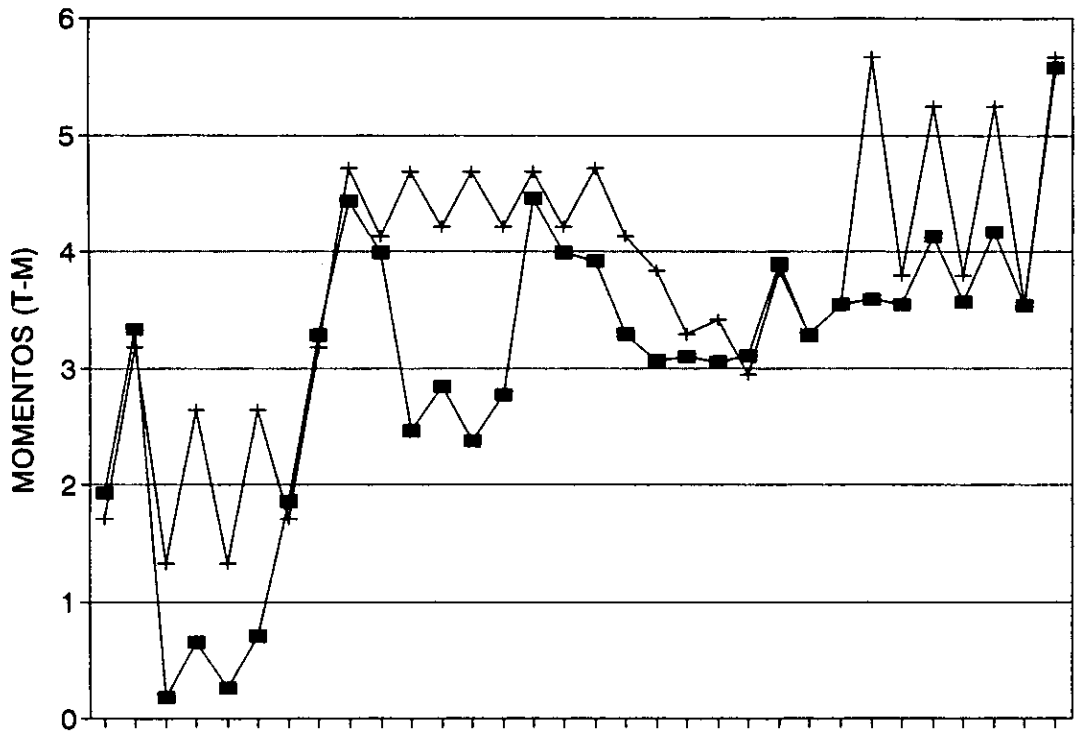
MOMENTOS DE COLUM.	
E. FINITO	RIGIDESES
1.93	1.71
3.33	3.18
0.18	1.33
0.65	2.64
0.26	1.33
0.70	2.64
1.85	1.71
3.28	3.18
4.44	4.72
3.99	4.14
2.46	4.69
2.84	4.22
2.38	4.69
2.77	4.22
4.46	4.72
3.99	4.14
3.92	3.84
3.29	3.29
3.07	3.42
3.10	2.94
3.06	3.42
3.11	2.94
3.90	3.84
3.28	3.29
3.55	3.54
3.59	5.67
3.55	3.80
4.14	5.24
3.57	3.80
4.17	5.24
3.54	3.54
5.57	5.67

NOTA: LOS RESULTADOS EN VALOR ABSOLUTO

GRAFICA DE MOMENTOS EN VIGAS



GRAFICA DE MOMENTOS EN COLUMNAS

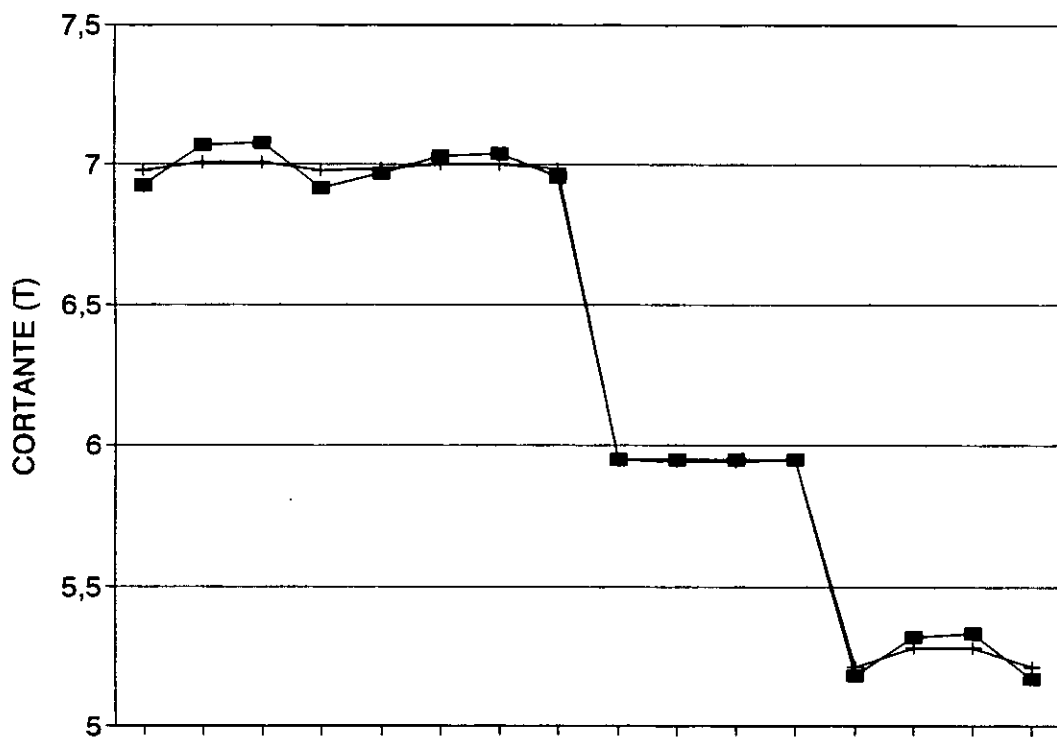


CORTANTE EN VIGAS	
E. FINITO	RIGIDESES
6.93	6.98
7.07	7.01
7.08	7.01
6.92	6.98
6.97	6.99
7.03	7.00
7.04	7.00
6.96	6.99
5.95	5.95
5.95	5.94
5.95	5.94
5.95	5.95
5.18	5.21
5.32	5.28
5.33	5.28
5.17	5.21

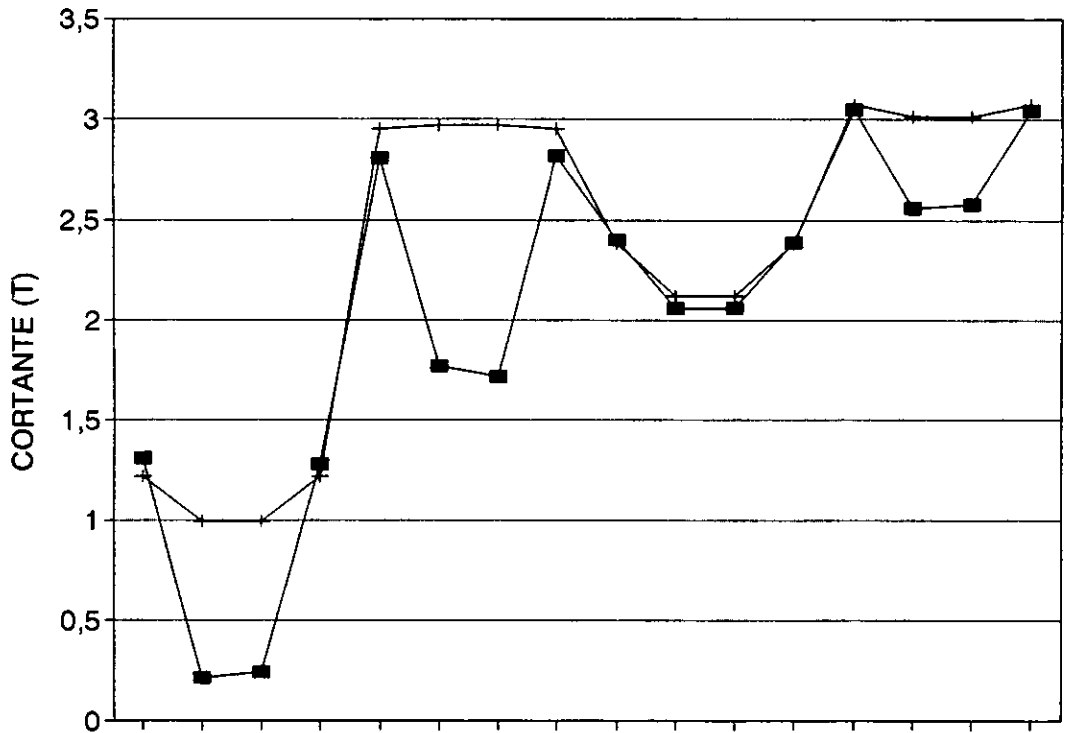
CORTANTE EN COLUM.	
E. FINITO	RIGIDESES
1.31	1.22
0.21	0.99
0.24	0.99
1.28	1.22
2.81	2.95
1.77	2.97
1.72	2.97
2.82	2.95
2.40	2.38
2.06	2.12
2.06	2.12
2.39	2.38
3.05	3.07
2.56	3.01
2.58	3.01
3.04	3.07

NOTA: LOS RESULTADOS EN VALOR ABSOLUTO

GRAFICA DE CORTANTE EN VIGAS



GRAFICA DE CORTANTE EN COLUMNAS

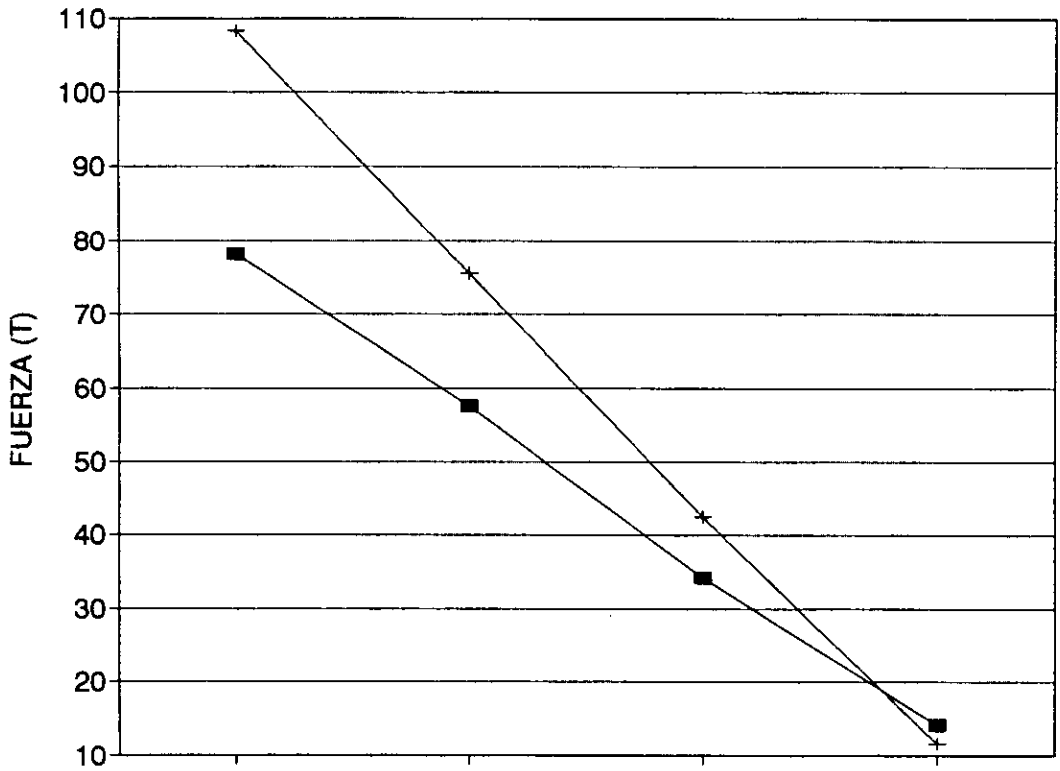


**ANÁLISIS DEL MURO
FUERZA AXIAL**

METODO ELEMENTO FINITO	
NIVEL	F. AXIAL
1	78.18
2	57.41
3	34.24
4	14.12

METODO COLUMNA ANCHA	
1	108.31
2	75.48
3	42.42
4	11.55

FUERZA AXIAL EN EL MURO



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1.- La importancia del análisis estructural en cualquier estructura es muy importante porque esta herramienta nos permite determinar los elementos mecánicos que posteriormente son utilizados para el diseño de la estructura.

Como se menciona en este trabajo la parte del análisis es la parte científica en la construcción de cualquier estructura donde el ingeniero debe poner en práctica sus conocimientos de análisis estructural.

El problema numérico no es el más importante, lo más importante del análisis es saber las hipótesis de las diferentes teorías para el análisis estructural y utilizarlas correctamente. Es fundamental conocer como se comportara la estructura en su etapa más crítica y el análisis se debe realizar de acuerdo a esos estados de servicio.

2.- En el método de rigideces puedo decir que es un método muy eficaz y simple de resolver. El inconveniente que este método tiene es que es un método matricial y los métodos matriciales en problemas muy grandes como es de suponer las matrices son muy grandes y su solución se complica cuando no se cuenta con un equipo de cómputo capaz de resolver sistemas de ecuaciones muy grandes.

Este método junto con el de flexibilidades son los más importantes para la solución de análisis de estructuras en el método de rigideces el ingeniero requiere el conocimiento de soluciones de vigas doblemente empotradas lo que son las rigideces como conceptos fundamentales para este método.

3.- El método del elemento finito constituye una poderosa herramienta para el análisis de estructuras estos métodos hacen un análisis mas finos de los usuales por el hecho de dividir la estructura en partes mas pequeñas denominadas elemento finito dentro de las cuales se prescribe la forma en que varían los desplazamientos en función de los valores correspondientes a ciertos puntos denominados nudos.

Este método por lo general requiere de un equipo de computo donde hay que alimentar un archivo con base en las leyes constitutivas del material esto es en la relación que existe entre esfuerzo y deformación, por ejemplo la ley de Hooke, el ingeniero para alimentar deben conocer las hipótesis que se hacen en este método de análisis, otro problema que tiene este método es la interpretación de resultados.

Los programas de computo por muy avanzados que estos sean nunca igualaran el buen juicio de un ingeniero.

4.- El análisis de resultados por el método de el sap90 y el método de rigideces viendo las gráficas nos damos cuenta que en estructuras esqueléticas es decir marcos formados por vigas y columnas los dos métodos nos dan resultados prácticamente iguales con una pequeña variación en columnas pero ingenierilmente podemos decir que los valores son muy similares.

En elementos como muros, cascarones los resultados varían siendo mas conservador los análisis por el método de rigideces en este trabajo en el método de rigideces se realizo por el método de la columna ancha donde en se supone una columna en el centroide del muro con las características del muro y el problema se resuelve como un marco esquelético.

En general concluimos que método del elemento finito es un método mas refinado pero lo cambios no son muy significativos con respecto al método de rigideces. Almenos en marcos como el de este trabajo.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA

Manual de diseño sísmico de edificios

Autores: Enrique Bazan Zurita y Roberto Meli Piralla
Editorial Limusa. 1987

Apuntes de análisis estructural I

Autores: José Luis Camba C. , Francisco Chacon G. y Francisco Pérez A.
Facultad de ingeniería UNAM 1994

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Autor: Jack C. McCormac
Editorial: Harla 1984

Diseño estructural

Roberto Meli Piralla
Editorial limusa 1990

Análisis de estructuras

Autor: Alfonso Olvera L.
Editorial C.E.S.A.

Análisis estructural por el método del elemento finito utilizado en el programa SAP90

Autores: M. I. Octavio Garcia Domínguez y M.C. Orlando Ramirez Boscan
UNAM 1995